

Verandering zonder Compromissen

PAC als Fundament
van Betrouwbaarheid

8 april 2026



cigre
Nederland

Kortsluitniveaus in IBR-gedomineerde netten: aannames, realiteit en beveiligingsstrategieën.



Milan Jankovski,
Alliander

Agenda

1. Introductie IBRs
2. Kortsluitstroom niveaus in de toekomst – focus op het distributienet
3. Roadmap(s) voor de toekomst - mogelijkheden

Karakteristieken van de (toekomstige) netten

Karakteristieken van de (toekomstige) netten

- Toegenomen penetratie van hernieuwbare energie op distributieniveau
- Bi-directionele vermogensstromen in het net
- Grootschalige vervanging van conventionele elektriciteitscentrales door hernieuwbare bronnen
- Sterke toename van vermogenselektronica (inverters) in het elektriciteitssysteem

Karakteristieken van de traditionele netten

- (Overwegend) uni-directionele vermogensstroom
- De penetratie van hernieuwbare energie op distributieniveau neemt toe, maar is nog steeds relatief beperkt
- Conventionele elektriciteitscentrales zijn doorgaans dominant in het transmissiesysteem

Waarom dit een probleem is voor de beveiliging?

Veranderingen in het elektriciteitsnet

- Meerdere bronnen van kortsluitstroom
- Veranderende karakteristieken van kortsluitstromen
- Lagere bijdrage aan de kortsluitstroom

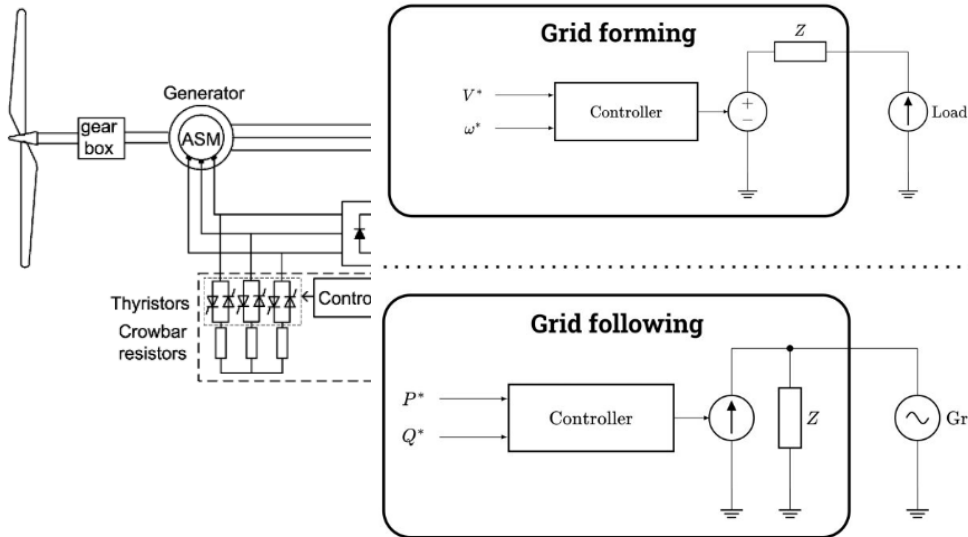
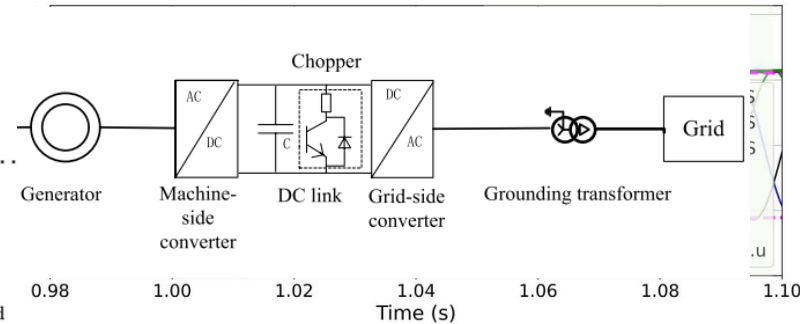
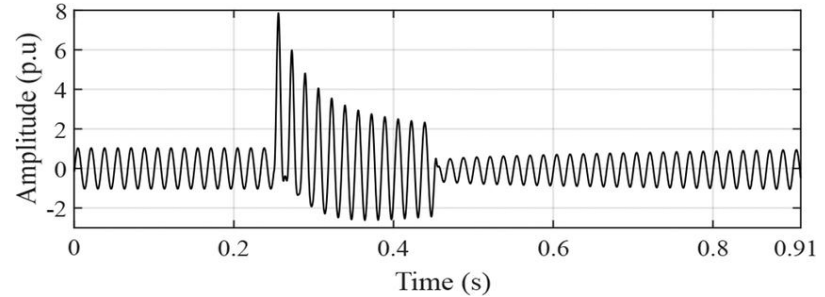
Komt door de DERs in het distributienet.
Geen “nieuw” probleem.

Inverters zijn gelimiteerd. Zij leveren lagere kortsluitstromen (typisch tot maximaal 1,1–1,2 p.u.; let op: dit is slechts de bovengrens)

Inverter-gebaseerde respons tegen synchrone generator

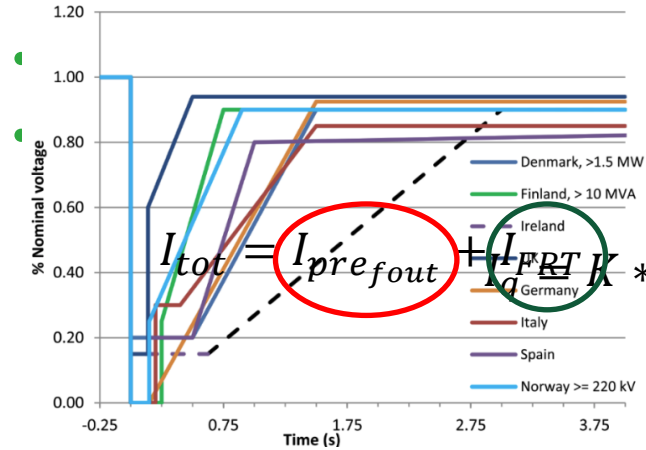
Kortsluitstroom van IBRs

- Synchrone generatoren vs IBRs
- Type III vs Type IV wind turbine
- Grid-following vs Grid-forming mode

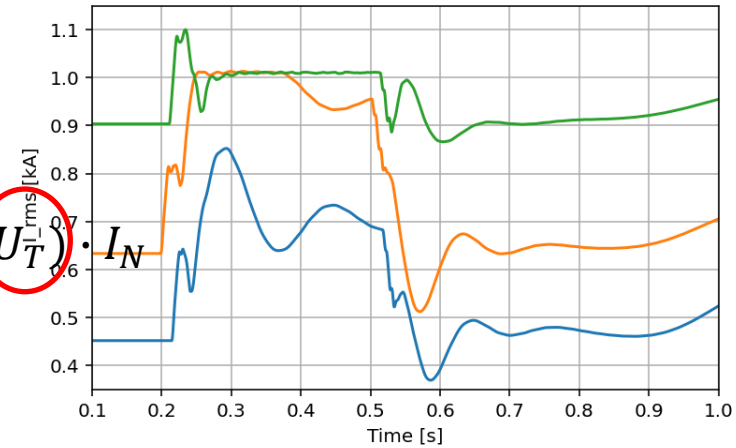


Wat heeft invloed op de kortsluitrespons van IBRs?

- Elektronica limiet → 1.1-1.2 p.u.
- FRT/LVRT verplichtingen
- Dre-fout vermogen



— Pre-fault WF power output - 50% — Pre-fault WF power output - 70% — Pre-fault WF power output - 100%



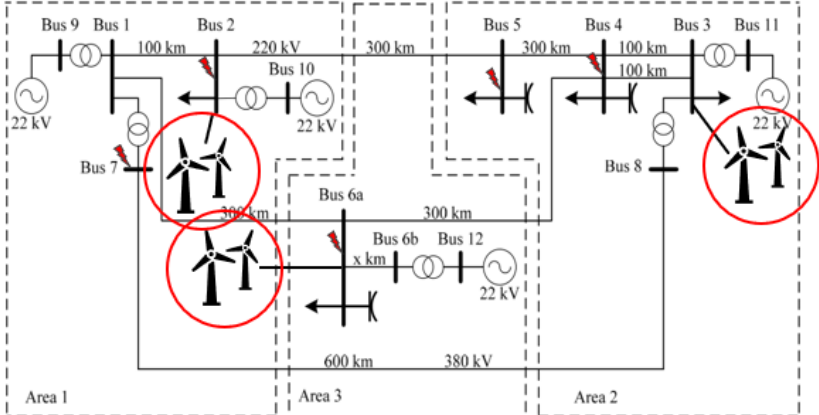
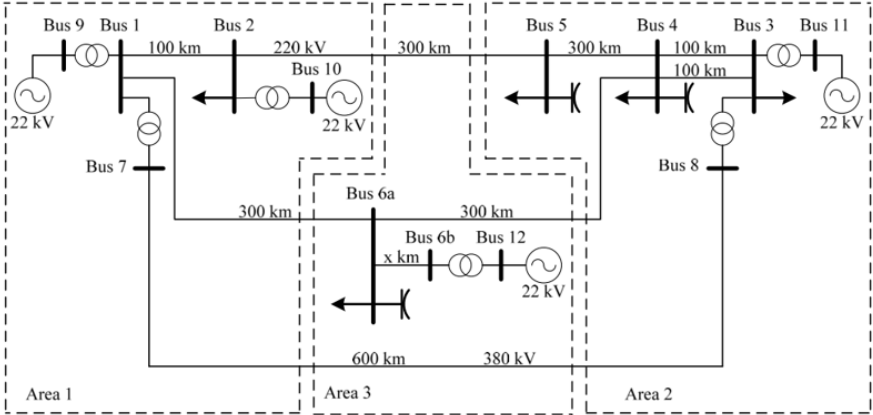
Wat meestal onderzocht is?

- Transmissie en Transport net (TSO kant)
 - Inertie problemen
 - Distantiebeveiliging – over- en underreach, richting problemen, fase selectie....
 - Problemen met OMTs – maar altijd zoals een statement
- Distributie net (DSO kant)
 - Bi-directionele stroom
 - Invloed van DERs (SG en/of IBRs) – blinding en symphatetic tripping

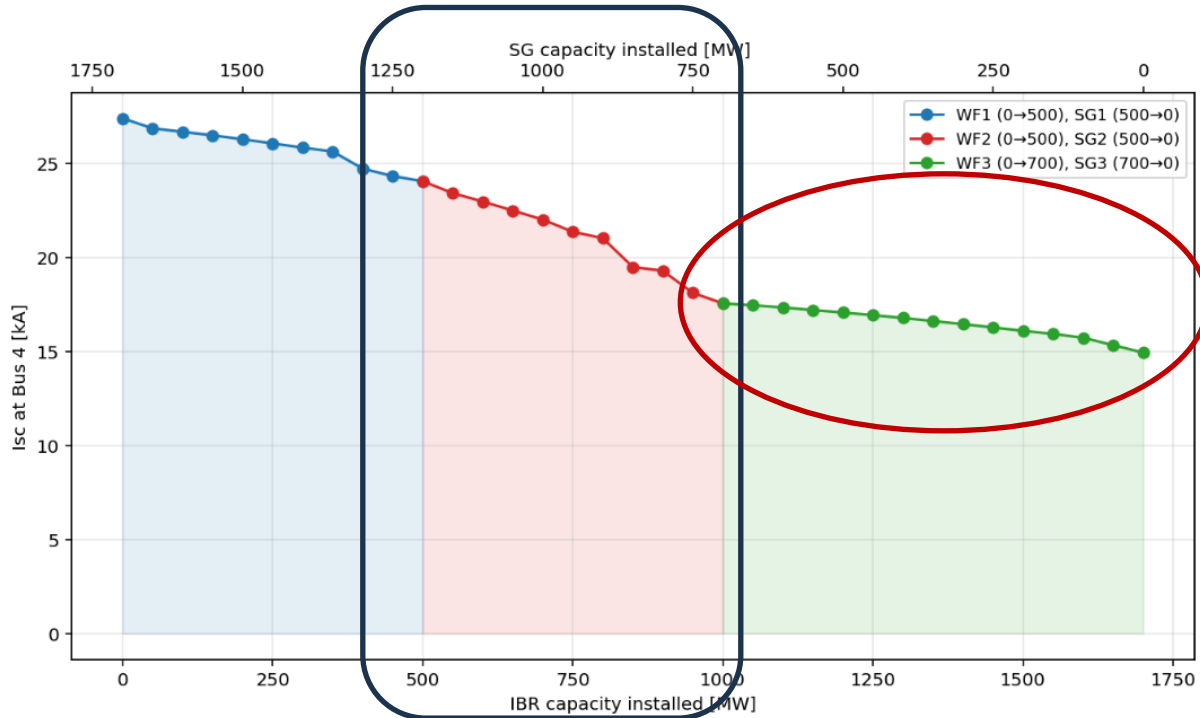
.....maar de TSO kant blijft statisch?

We hebben een systeembrede kijk nodig: van transmissie (HV) tot distributie (MV)!

Gemodificeerde CIGRE HV en MV netten

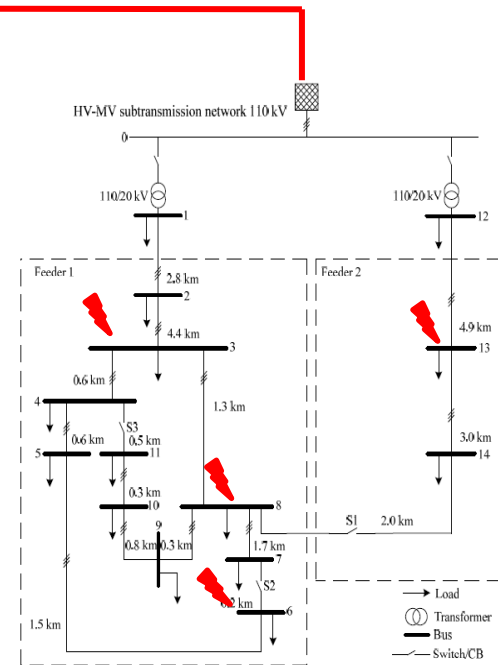
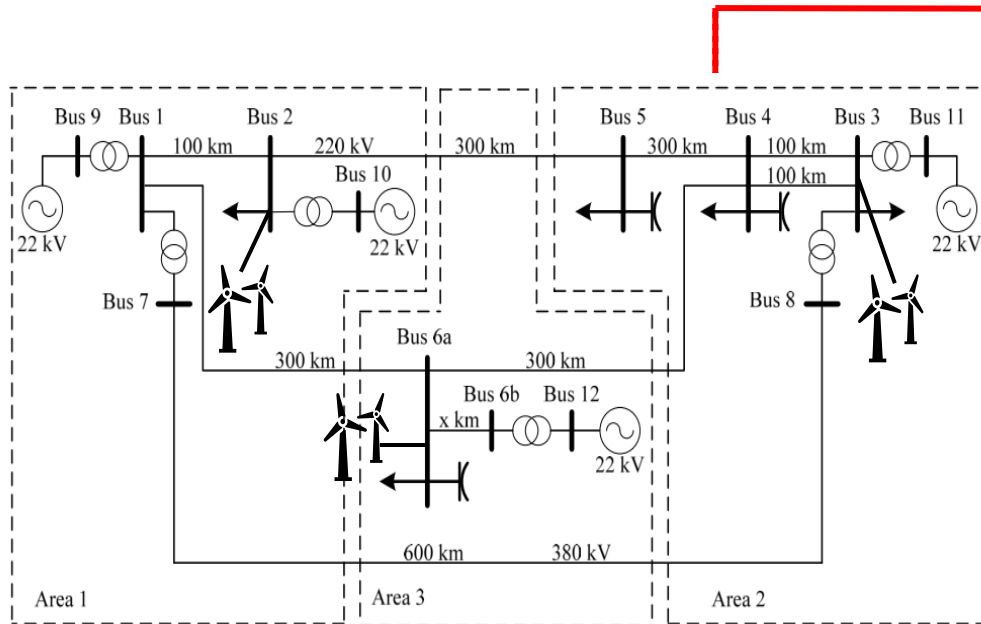


Wat kunnen wij verwachten in het transmissienet?



- Lagere kortsluitstroom niveaus op transmissienet *
- Rond 40% per node
- **Maar wat betekent dat voor het distributienet?**

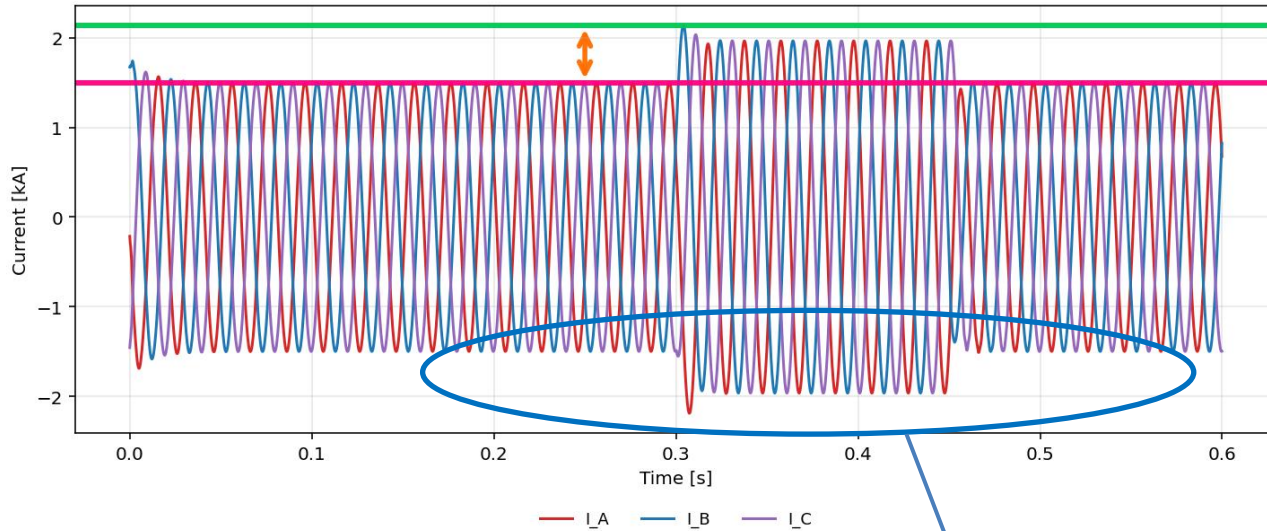
Koppeling tussen Transmissie en Distributienet



Wat is de invloed van lagere kortsluitstromen aan de DSO zijde?

- Op het distributienet kunnen wij ook lagere kortsluitstromen verwachten
- Afhankelijk van de plaats waar het distributienet zit *
- Afhankelijk van het set-point van het net op dat moment *
- Wij moeten voor alle situaties zorgen dat de beveiliging efficiënt werkt
- Vaak kunnen wij problemen met de OMT beveiliging verwachten

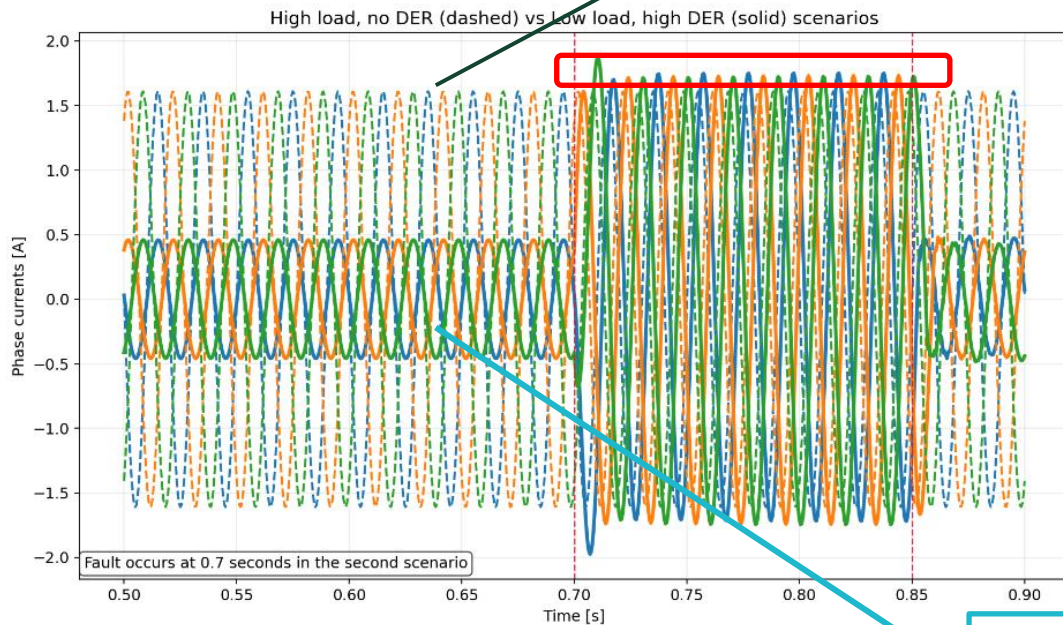
Kortsluitstroom op een Distributie lijn in een door IBR- domineerd systeem



Het kan gebeuren dat de
marge echt klein is

Met DERs is dat nog slechter...

Het grootste deel van de stroom komt door het net



- Problemen met instellen van de OMTs
- Worst case scenario: IBR-domineerd net en SG-gebaseerd DERs

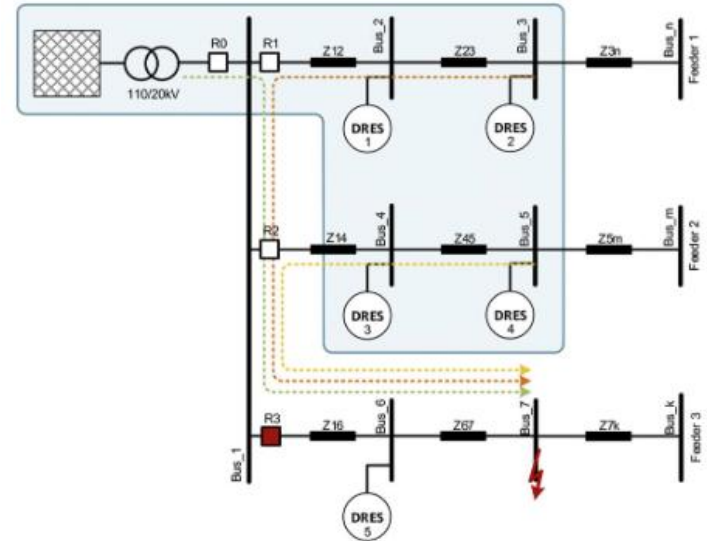
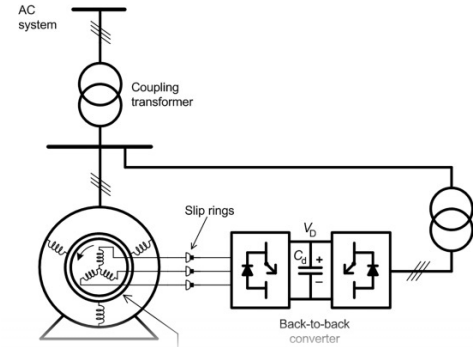
Het grootste deel van de stroom komt door de DERs

Wat kunnen wij doen?

- Lijn Differential beveiliging toepassen
- Het beïnvloeden van de kortsluitstroom (kortsluitniveaus)
- Nieuwe/gemodificeerde manieren van beveiliging vinden
- Het inzetten van AI/ML

Beïnvloeding de kortsluitstroom

- Synchronous Condensers
- Energy Storage Systems (ESS)
- Modificaties van de Inverter controls

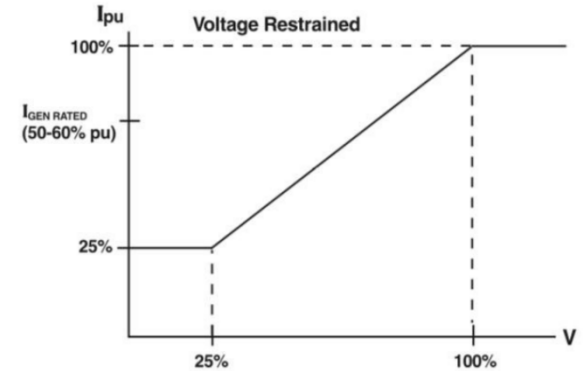
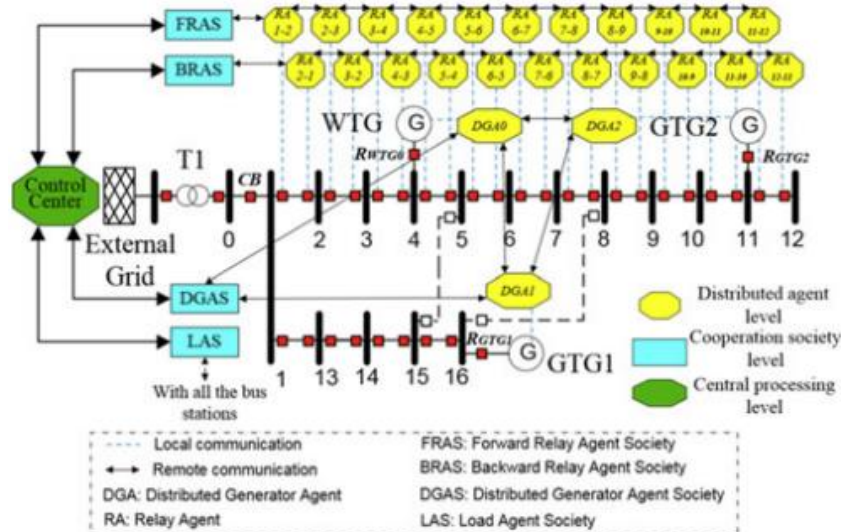


Voor- en nadelen van verhoogde kortsluitstromen

Voordelen	Nadelen
Makkelijk fout detectie	Meer stress op het net (componenten)
Beveiligingsconcepten	Coördinatie
Mensen	Het bericht die wij sturen

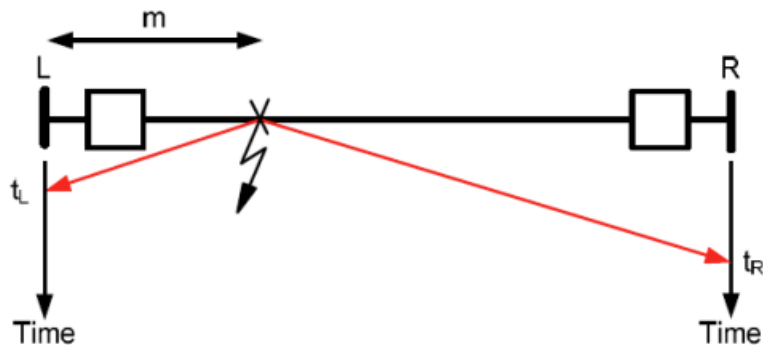
Nieuwe beveiligingsconcepten

- Richtingsafhankelijke Overstroombeveiliging
- Spanningsafhankelijke Overstroombeveiliging (ANSI 51V)
- Adaptieve beveiliging
- Multi-agent



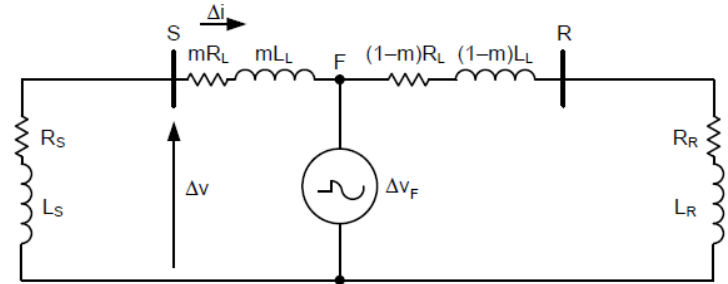
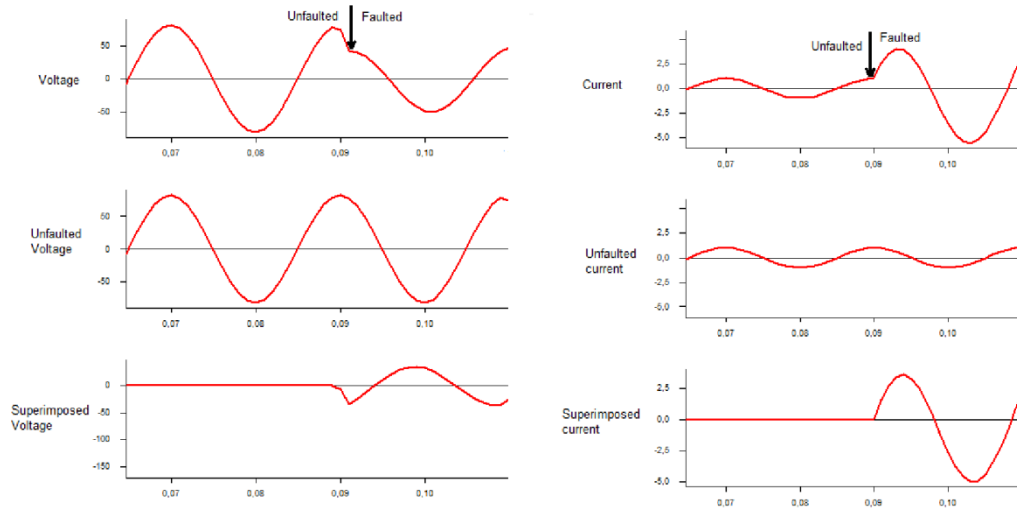
Nieuwe beveiligingsconcepten

- 'Traveling Wave' beveiliging
 - Snelle werking
 - Onafhankelijk van kortsluitstroom source
 - Misschien niet geschikt voor korte lijnen
 - Hoge Sampling Rates nodig



Nieuwe beveiligingsconcepten

- ‘Super-Imposed Quantities’
 - In de eerste instantie zijn zij onafhankelijk van de kortsluitstroom bron
 - Geen hogere Sampling Rate nodig
 - Ze zijn alleen relevant gedurende de eerste 1–2 cycli tijdens de fout



AI/ML

- Genoeg data en modellen
- De AI moet gewoon iets vinden/leren

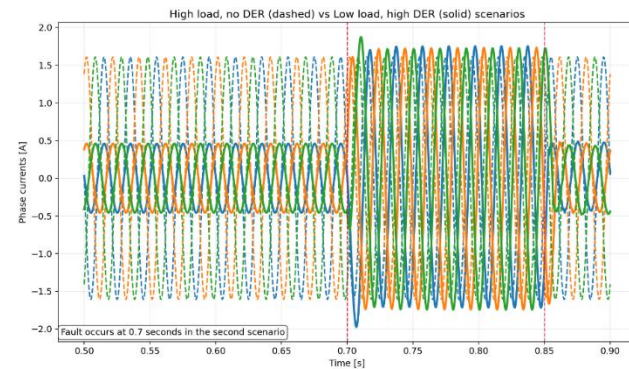
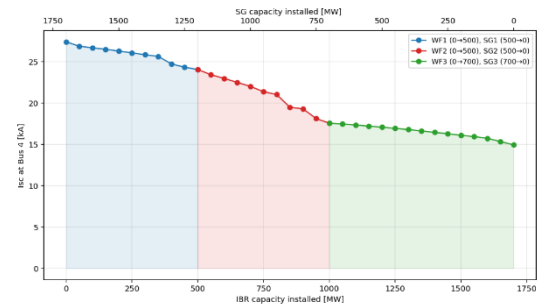
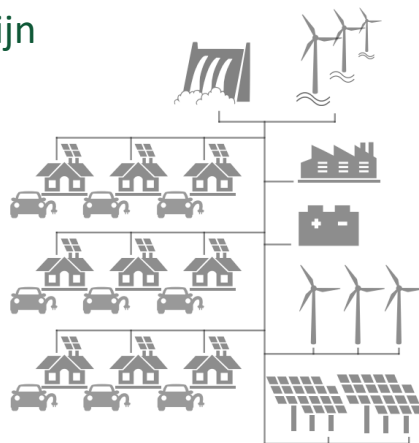
....maar

- Hebben wij de juiste modellen voor de toekomstige netten?
- Tijd en Computational vermogen
- Wat als de AI opnieuw de Kirchoff wetten uitvindt?
- Is dat begrijpelijk voor mensen?



Samenvatting

- Lagere kortsluitstromen
- Andere karakteristieken van de foutstroom
- Bi-directionele stromen op DSO niveau
- Problemen voor beveiliging
- Wij moeten proactief zijn



**BEDANKT
VOOR JULLIE
AANDACHT**



cigre
Nederland