

# Onderzoek naar een oplossing voor EMC-problemen bij GIS-hoogspanningsonderstations

Bjarne Van Hooff

Master IIW energie

## Situering

Deze masterproef is een samenwerking tussen **Elia Group nv**, de **Belgische Transmissie-netbeheerder**. Elia is verantwoordelijk voor het **transport van elektriciteit** via het hoogspanningsnet. Onderstations, die geplaatst zijn in de knooppunten, spelen hier een belangrijke rol in. Onderstations verdelen het vermogen over andere delen van het net. Om plaats te besparen wordt er vaak **SF6-gas** gebruikt om de fasegeleiders en schakelmateriaal elektrisch te isoleren. Men spreekt dan over **GIS-onderstations** (Gas Insulated Switchgear). Deze masterproef gaat over **EMC** (elektromagnetische compatibiliteit)-problemen in deze onderstations.

## Probleem- en doelstelling

**Transiënte spanningsgolven** worden gereflecteerd aan **discontinuïteiten**, zoals een muurdoorgang (zie figuur 1), door schakelmannoeuvres. Die spanningsgolven induceren spanningen op het omhulsel van de GIS met **vonken** (zie figuur 2) tussen het omhulsel van de GIS en de metalen, gearde omkadering als gevolg.

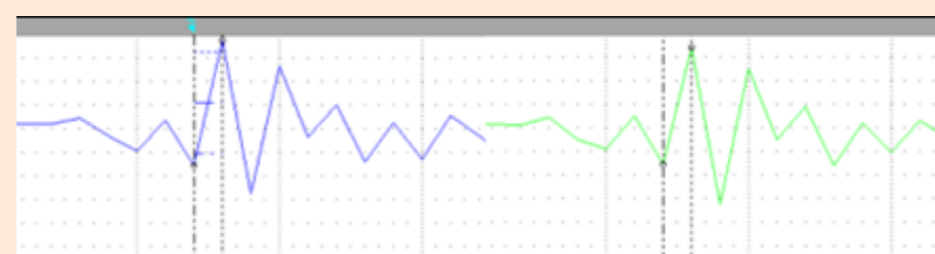


Figuur 1: Muurdoorgang in een GIS-onderstation [2, p. 20]



Figuur 2: Schematische voorstelling vonk [2, p. 20]

Deze vonk is een **EMP (elektromagnetische puls)** en induceert spanningen en **storingen op communicatie- en meetapparatuur**. Figuur 3 toont een meting van een spannings- en stroomgolf die zijn opgevangen op een branddetectiesysteem in de praktijk [4]. Deze spannings- en stroomgolven kunnen schade aan en **ongewenst gedrag** van de apparatuur veroorzaken.



Figuur 3: Gemeten spannings- en stroomgolf [4, p. 4]

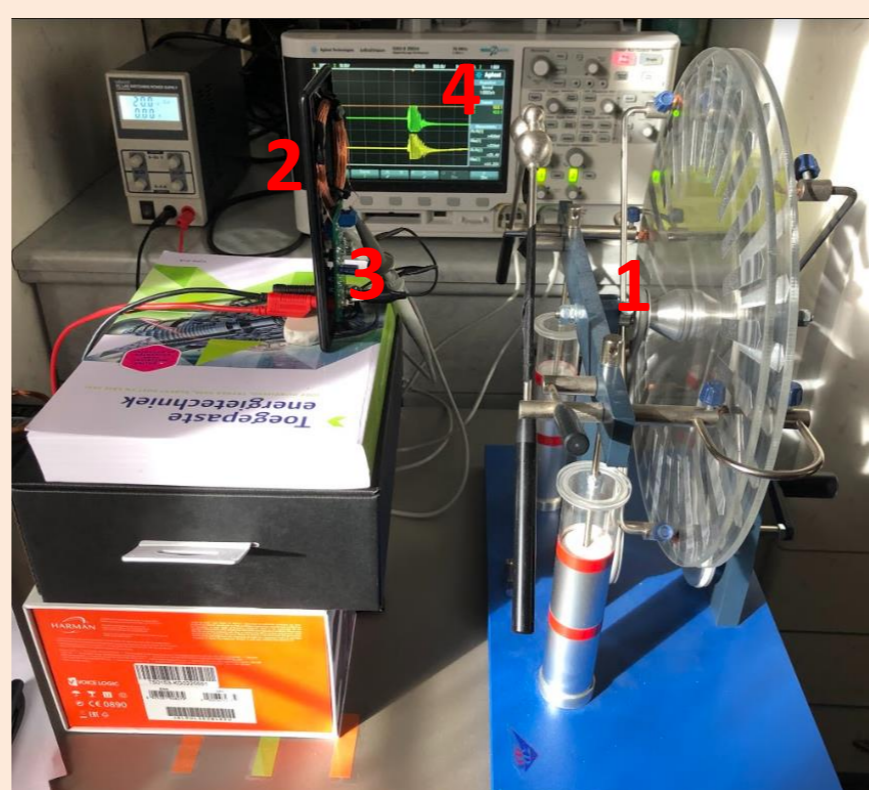
### De doelstelling:

Deze masterproef richt zich op het **verwerven van kennis en inzicht** over dit probleem om een **mogelijke oplossing te vinden**. Deze masterproef focust voor de oplossing eerst en vooral op het gebruik van **ferrietkernen**.

## Materiaal en methode

- 1** Eerst het **gedrag** van de testopstelling **consistenter** maken door:
- een **karakterisatie** volgens **Design of Experiments (Design expert 13)**
  - en op basis van de verworven kennis **aanpassingen** doen (=iteratief proces)

- Figuur 5 toont de **testopstelling** en bestaat uit:
- een wimhurstgenerator (1),
  - een spoel (2),
  - elektronisch circuit met LED en optocoupler (3),
  - en een oscilloscoop (4).



Figuur 5: De testopstelling

- 3** Vervolgens het **bestuderen van EMP-filterende kasten /kabelschermen** die gebaseerd zijn op afscherming.
- nagebootst met aluminiumfolie (zie **figuur 6**)
  - Ook hier steeds 200 metingen uitgevoerd



Figuur 6: Spoel afschermen met aluminiumfolie



Figuur 4: Ferrietkernen rond 4 windingen

Dan het **testen van ferrietkernen** (zie **figuur 4**).

- 1 test = 200 metingen met een consistente testopstelling
- Eerste 100 metingen zonder ferrietkernen ter referentie
- De tweede 100 metingen met ferrietkernen
- Verschil = het effect van ferrietkernen

- 4** Tot slot de invloed van **ferrietkernen rond fasegeleiders** nagegaan aan de hand van een **diepgaande literatuurstudie**.

## Resultaten

**Testopstelling is al voldoende consistent** (zie origineel in tabel 1) bij het aantal keer dat de LED aangaat als er geen ferrietkern is geplaatst.

- **Verbeteringen = niet noodzakelijk**
- **Afstand tussen spoel en de vonk is het meest significant**
- Effect van de **oriëntatie van de spoel** lijkt belangrijk → **verder onderzoek** aangeraden

Tabel 1: Resultaten van testen van de ferrietkernen

Montagemogelijkheden	aantal keer dat ledje aangaat [/]						Geïnduceerde spanning [mV]					
	meting 1	Δ% met origineel	meting 2	Δ% met origineel	Gem.	Gem. Δ% met origineel	meting 1	Δ% met origineel	meting 2	Δ% met origineel	Gem.	Gem. Δ% met origineel
origineel	100		100		100		824,2		426,9		625,55	
common mode 2	100	0	100	0	100	0	549,1	33,378	383,7	10,119	466,4	25,442
rond 1 winding	22	78	19	81	20,5	79,5	519,5	36,969	375,3	12,087	447,4	28,479
rond 4 windingen	38	62	59	41	48,5	51,5	517,7	37,188	447,7	-4,872	482,7	22,836
4 ferrietkernen	14	86	0	100	7	93	626,7	23,963	468,9	-9,838	547,8	12,429

Tabel 1 toont resultaat van de testen van de ferrietkernen. Tabel 2 toont de eerste test met de afscherming van figuur 6.

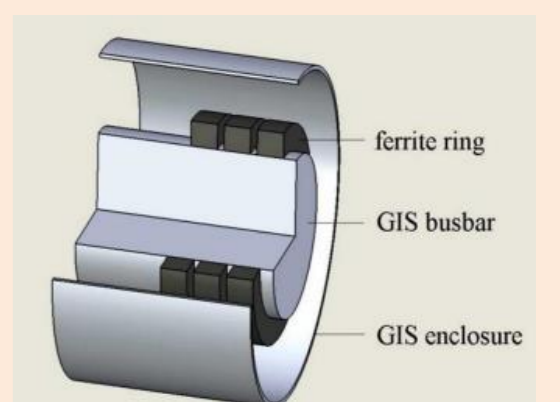
- Effect niet volledig weggewerkt met ferrietkern
- **Ferrietkernen zijn niet geschikt**
- Resultaten afscherming (**EMP-filterende kasten /kabelschermen**) zijn **veelbelovend**

Tabel 2: Resultaten van testen van de afscherming

Afscherming	Zonder afscherming	Met afscherming	Verandering [%]
Aantal keer dat het ledje aangaat [/]	100	0	100
Gemiddelde geïnduceerde spanning [mV]	508,9	393,9	22,598

Uit de diepgaande literatuurstudie blijkt:

- ferrietkernen rond fasegeleiders **dempen het effect met max. 30%**
- afhankelijk van het aantal ferrietkernen
- Door **verzadiging** → **niet geschikt**



Figuur 7: Ferrietkernen rond fasegeleiders [6, p. 2]

## Conclusie

Kortom werken ferrietkernen de storingen niet voldoende tegen. Daarnaast is tijdens de analyse vastgesteld dat de oriëntatie van de spoel ook een belangrijk effect heeft op de consistentie. Verder onderzoek naar dit effect is aanbevolen. Door verzadiging zijn ferrietkernen rond fasegeleiders ook niet aanbevolen. Deze thesis stelt daarom **EMP-filterende kasten** en afscherming voor de bijhorende kabels of **kabelschermen** rond de vonk voor **als oplossing** voor het EMC-probleem. Afscherming plaatsen is dus de meest voordelige oplossing voor de onderstations.

Promotoren / Copromotoren / Begeleiders  
Prof. Ir. Annick Dexters & Dr. Ir. Johan Rimez

### Interessante bronnen:

- [1] Elia group nv, "About the company," Oct. 03, 2021. <https://www.elia.be/en/company> (accessed Oct. 16, 2021).
- [2] Prof. ir. Annick Dexters, *Power systems [cursus]*, 1st ed., vol. 1. Diepenbeek: Gezamenlijke opleiding Industriële Ingenieurswetenschappen UHasselt & KULeuven, 2020.
- [3] M. de Ridder, "Analyse van EMC-effecten bij schakelen op hoogspanning," Gent, 2020.
- [4] D. Empain, "Elia\_Van Maerlant-overspanningsmeting op branddetectie lus Voorbereid voor Elia," Linkebeek, Jul. 2021. [Online]. Available: [www.laborelec.com](http://www.laborelec.com)
- [5] S. Levent, *A practical guide to EMC engineering*, 1st ed., vol. 1. Norwood: Artech House, 2017.
- [6] J. He, Y. Guan, W. Liu, W. Chen, and Z. Li, "Design Optimization of Ferrite Rings for VFTO Mitigation," *IEEE Transactions on Power Delivery*, vol. 32, no. 3, pp. 1181–1186, Jun. 2017.