



Harmonischen en de invloed op componenten

The background of the lower half of the image is a faded, grey-toned photograph of high-voltage electrical transmission towers and power lines stretching across the landscape.

ksandr

Het collectieve brein voor de instandhouding
van het Nederlandse elektriciteitsnet.

Ksandr Live special



Binnen Ksandr was er vanuit verschillende werkgroepen behoefte om meer onderzoek te doen naar harmonische



Ksandr LIVE

Load losses
in structural parts



Introduction

Hoogovens = Corus = Tata Steel

- Koninklijke Hoogovens N.V. founded in 1918
- 1992 At Keet Starts at Hoogovens
- In 1999 British Steel is merged with Koninklijke Hoogovens to Corus Group
- In 2007 Corus Group has been takeover by Tata Steel
- In 2021 separation between Tata Steel UK and Tata Steel Nederland (TSN)

High tech, fully integrated steel company

**9.000 ft'e's, incl. 350 researchers
7,2 million ton steel per year**

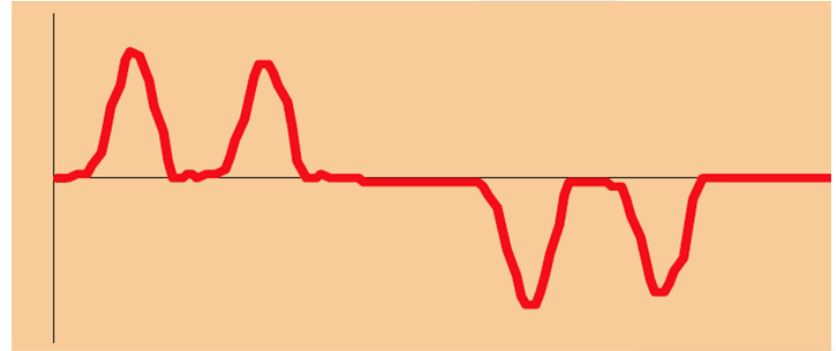
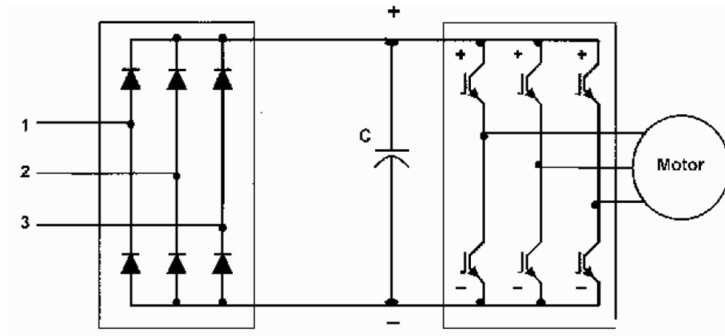


15 september 2023

Wat zijn harmonischen



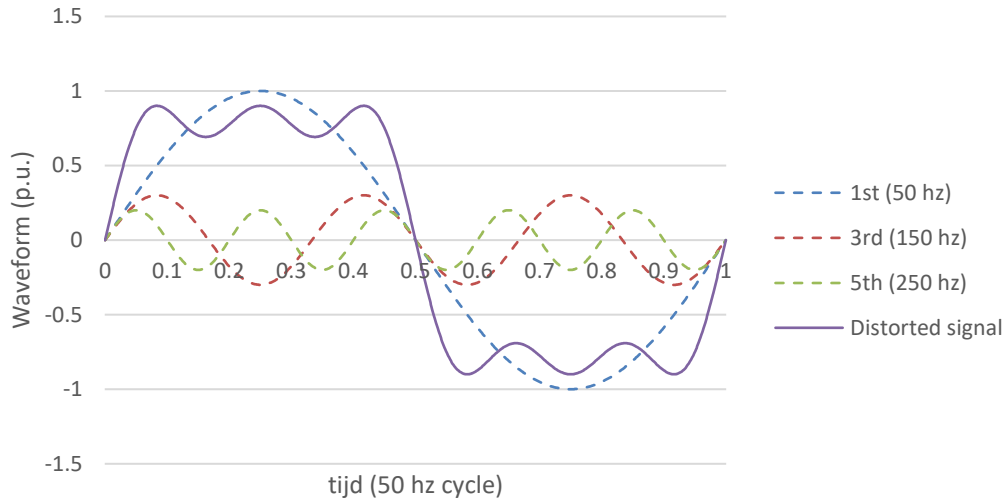
Veelvouden van 50 Hz t.g.v. niet lineaire belasting



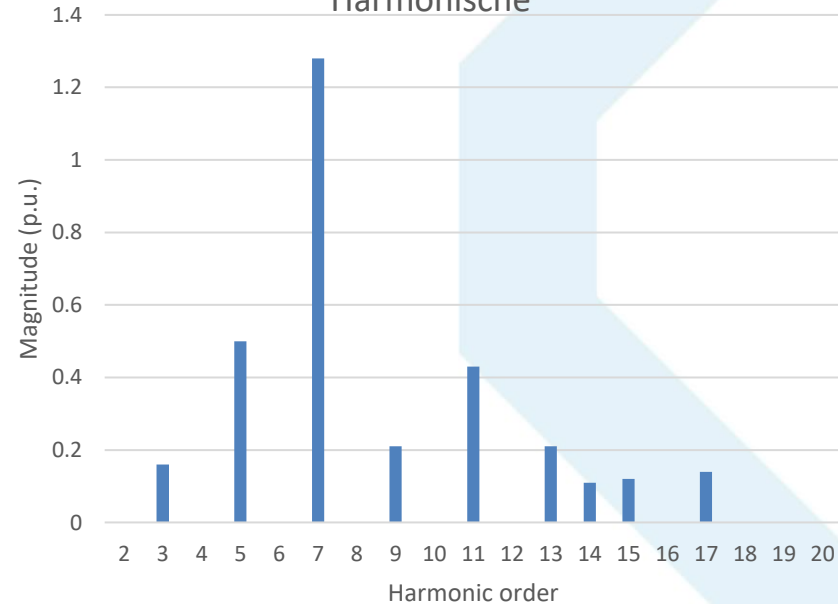
Wat zijn harmonischen



Harmonische vervorming

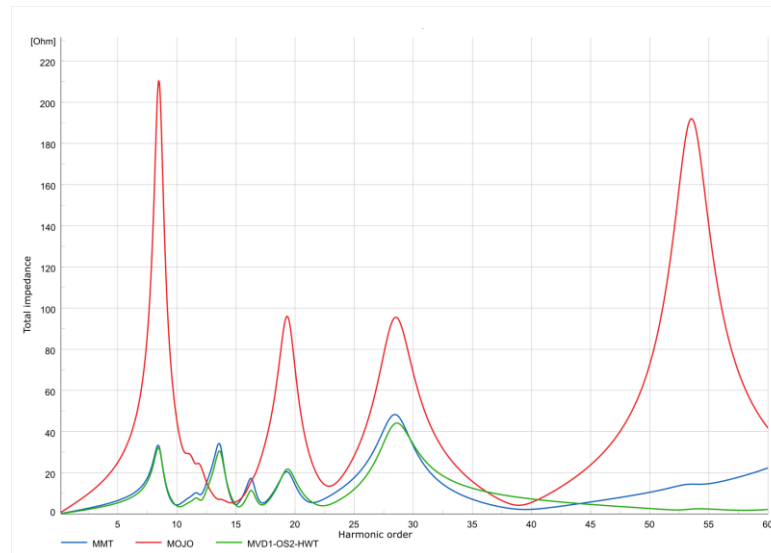
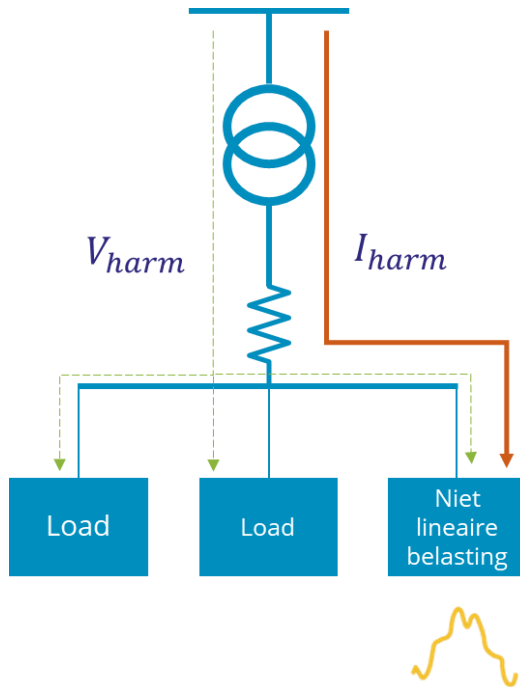


Harmonische

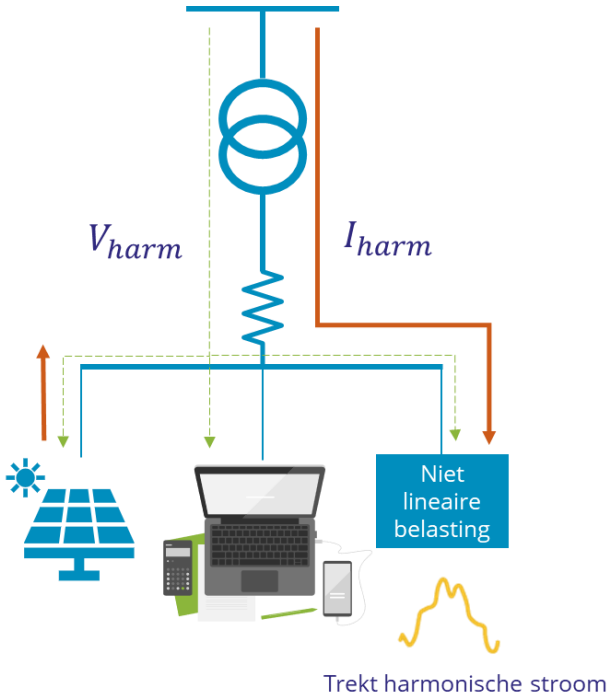


15 september 2023

Harmonische in het net



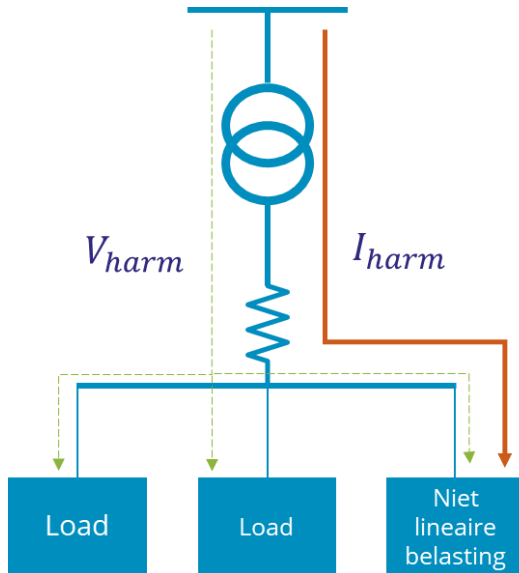
Net ontwikkelingen



- Toename in apparaten met vermogenselectronica aangesloten op het net (niet-lineaire stroom)
- Toename in duurzame energie bronnen met omvormers
- Afname lineaire belasting → minder demping bij resonantiefrequenties
- Significantie van verbruik en opwek in het LS net neemt toe door elektrificatie
- Afhankelijkheid sensoren die kunnen worden beïnvloed door harmonische

15 september 2023

Hoofd thema's



Impact op asset temperatuur & veroudering

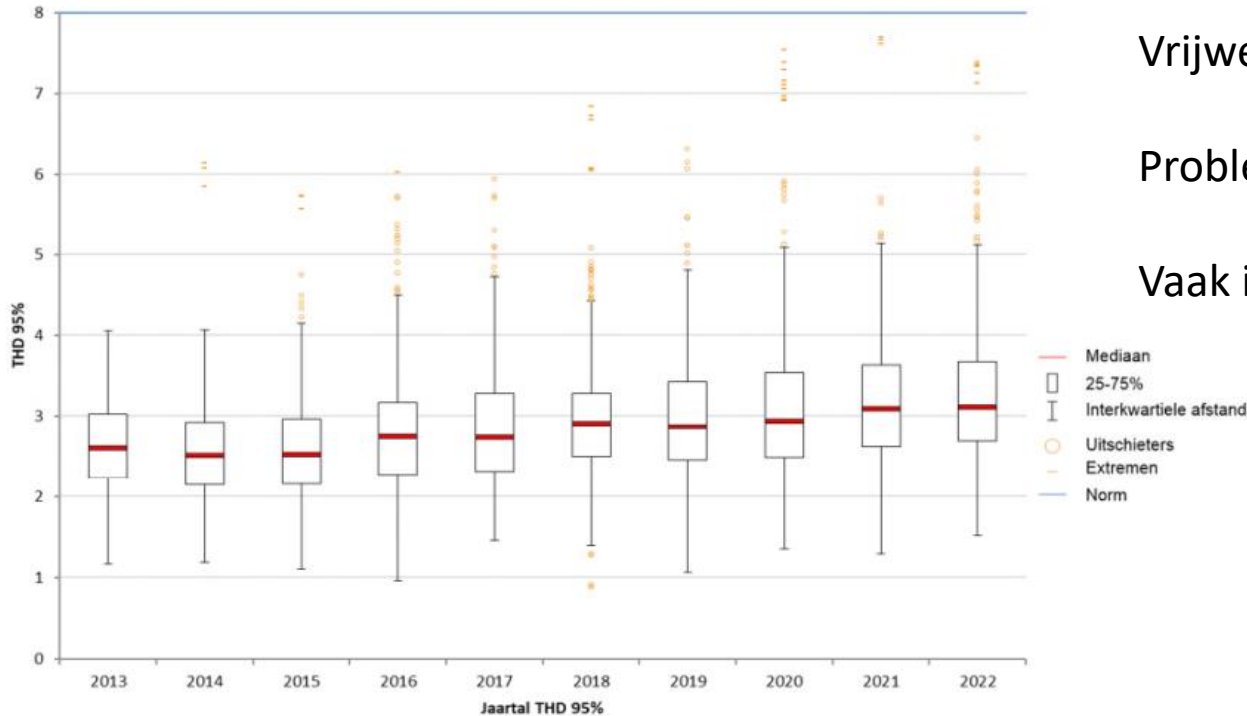
Metten, modeleren & prognoses

Beleid en richtlijnen

15 september 2023

Trekt harmonische stroom

Wat meten we



Vrijwel altijd ver beneden norm

Problemen in specifieke gevallen

Vaak industriële installaties

Normen



Spanning en Stroom

Odd harmonics				Even harmonics	
Not multiples of 3		Multiples of 3			
Order h	Relative voltage	Order h	Relative voltage	Order h	Relative voltage
5	6 %	3	5 %	2	2 %
7	5 %	9	1,5 %	4	1 %
11	3,5 %	15	1%	6...24	0,5 %
13	3 %	21	0,75%		
17	2 %				
19	1,5 %				
23	1,5 %				
25					

NOTE: No values are given for harmonics of order higher than 25, as they are usually small, but largely unpredictable due to resonance effects.

IEC 61000-reeks

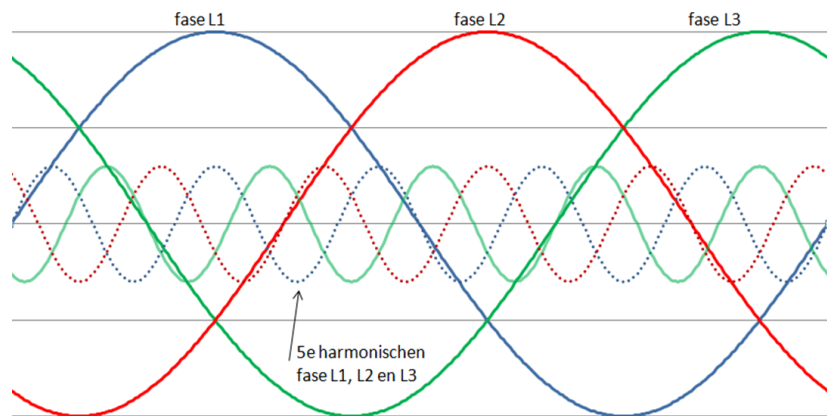
Normen voor toestellen <16A

Normen voor toestellen <75A

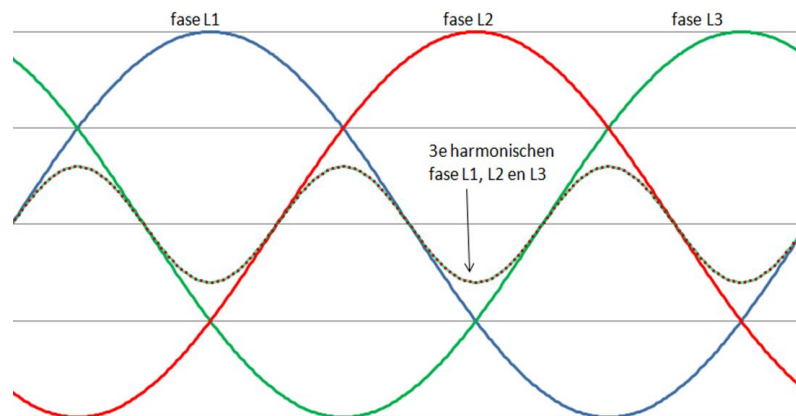
Specifieke toestellen

Geen norm voor POC

Eigenschappen van harmonischen

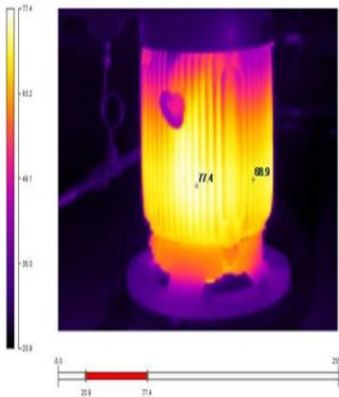
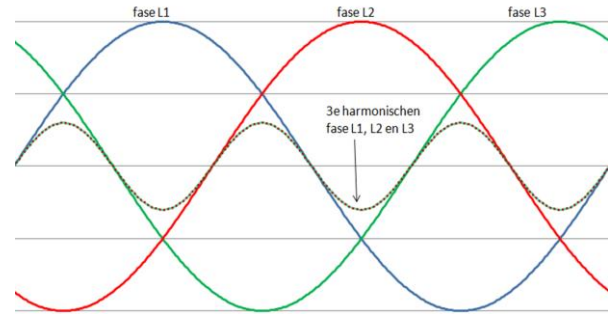
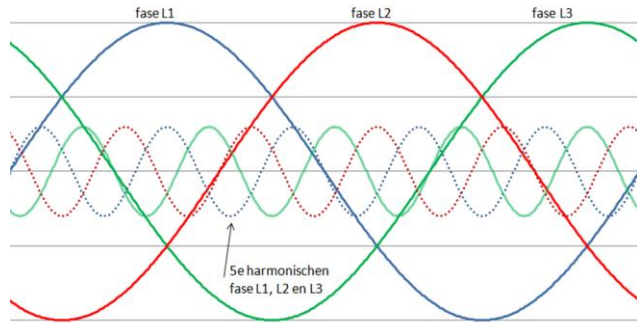


5e harmonischen



3e harmonischen

Problemen met harmonischen



Impact op temperatuur assets



Aandeel 3e harmonische	Basis fasestroom	Basis nulstroom
0-15%	1	
15-33%	0,86	
33-45%		0,86
>45%		1



$$Z = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C}$$

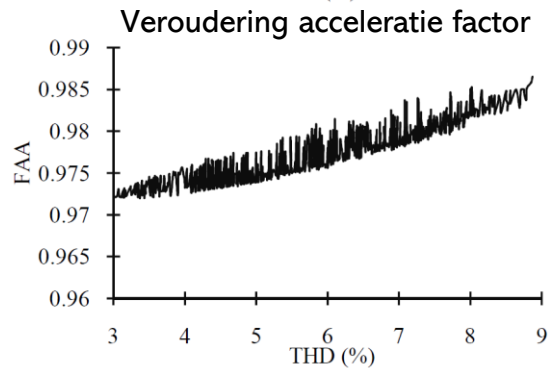
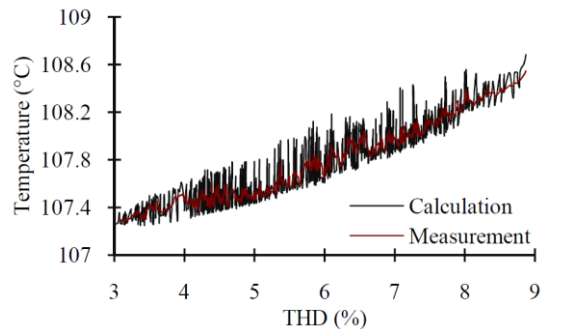


$$K = \left[1 + \frac{e}{e+1} \left(\frac{I_1}{I} \right)^2 \sum_{h=2}^{h_{\max}} \left(h^q \left(\frac{I_h}{I_1} \right)^2 \right) \right]^{\frac{1}{2}}$$

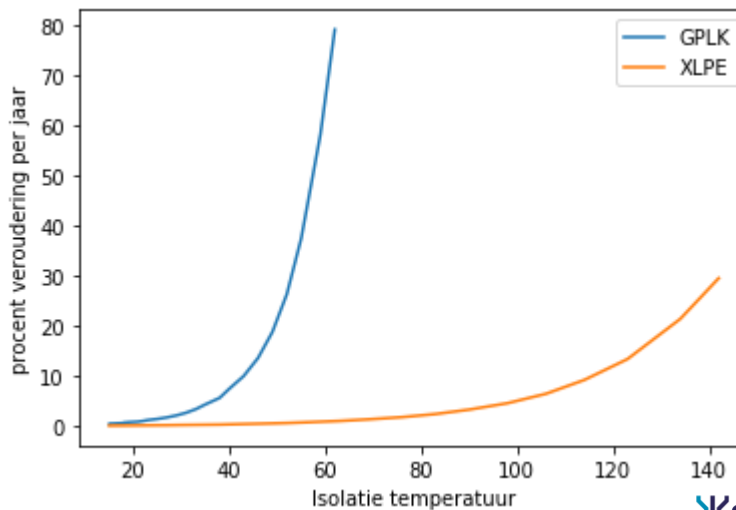
Temperatuur en veroudering



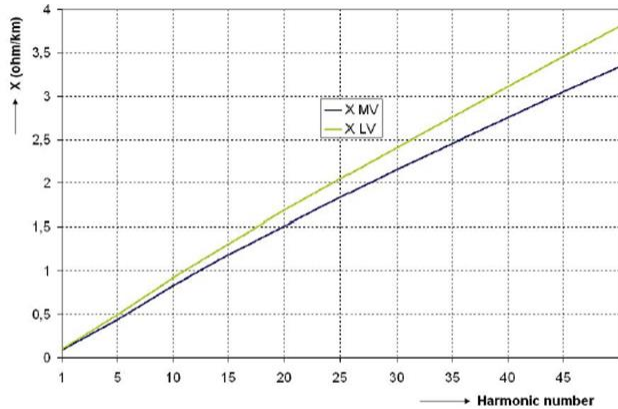
Voorbeeld distributie transformatoren meting



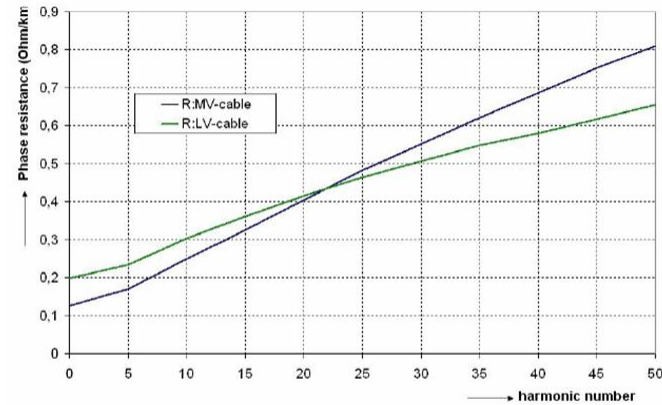
Arrhenius verouderingscurves kabels



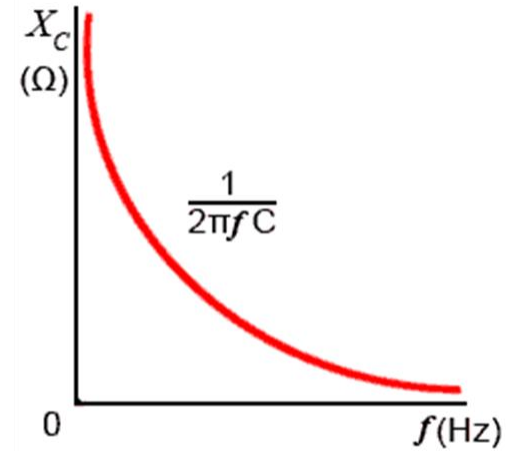
Eigenschappen componenten



Inductieve weerstand



ohmse weerstand

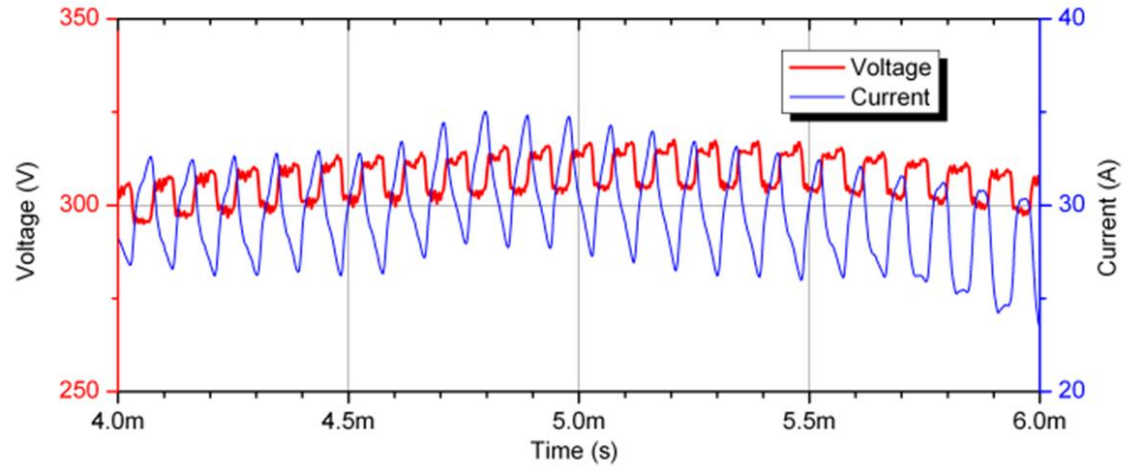
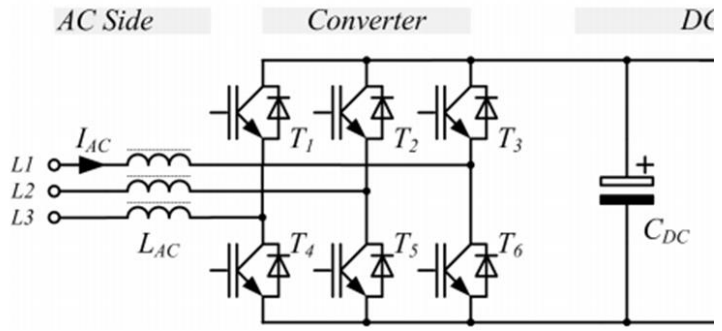


capacitieve weerstand

Harmonischen & Supra-harmonischen



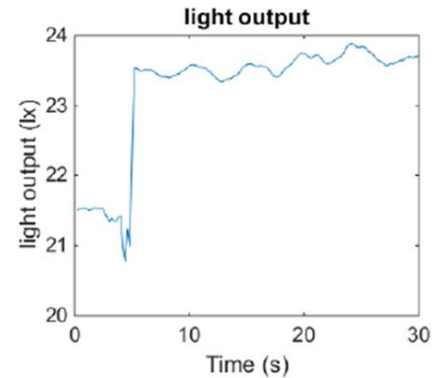
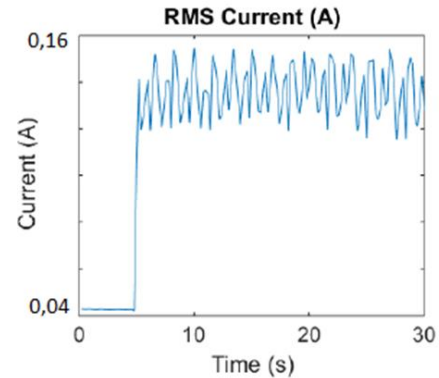
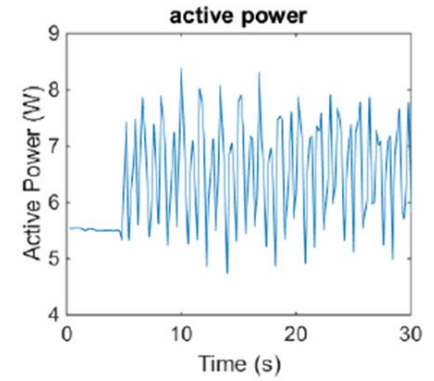
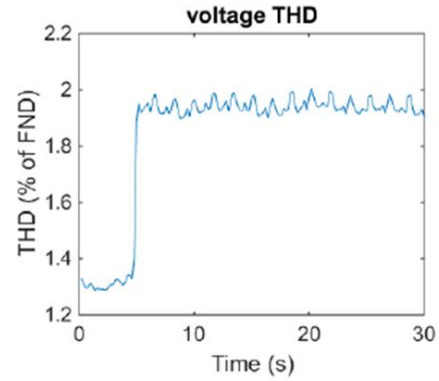
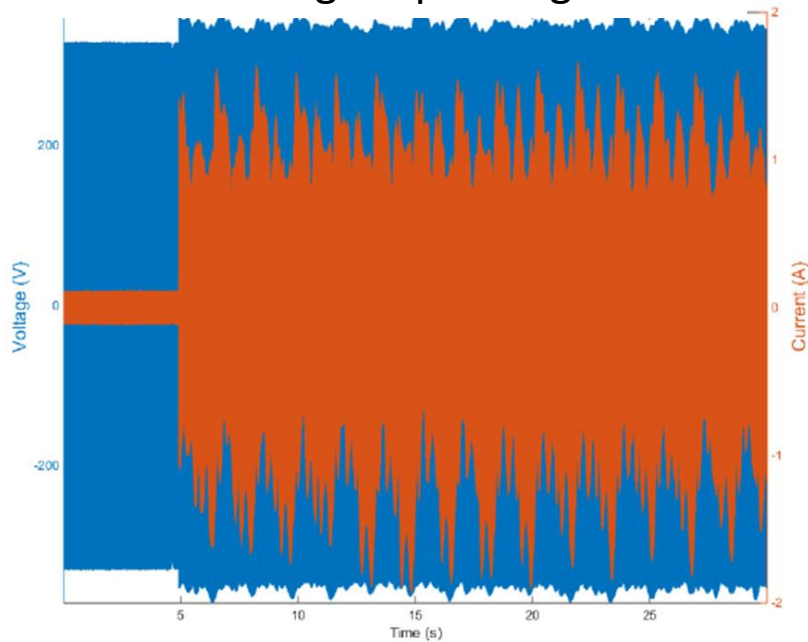
Harmonischen tussen 2-150 kHz



Problemen met supraharmonischen



Stroom 6W LED-lamp t.g.v.
HF-vervorming in spanning



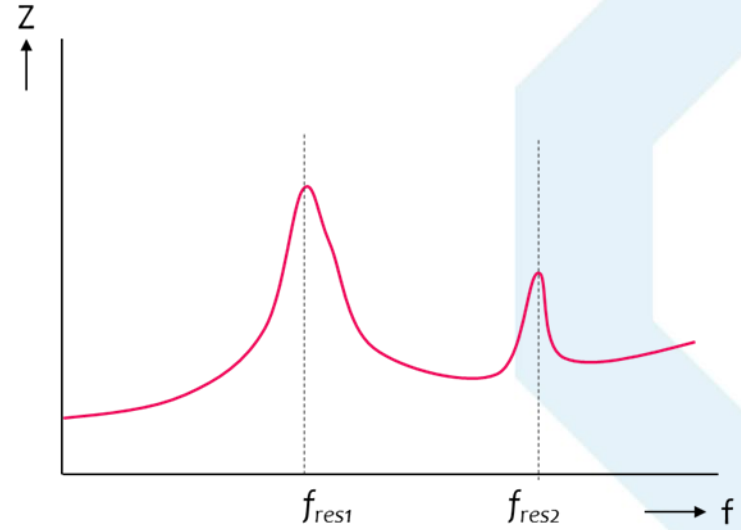
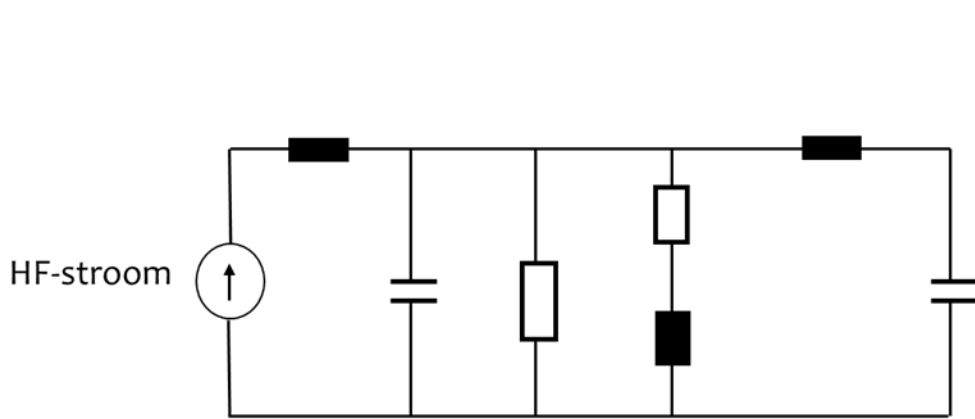
Problemen met supraharmonischen



- Hoogfrequente stromen belasten andere componenten in de installatie (bijv. EMC-filters)
- Vervormingen in de spanningen leiden tot afwijkingen in klokken
- Vervormingen in de spanningen leiden tot storingen (flikkerend licht, toestellen die spontaan gaan reageren of niet meer functioneren)
- Meetapparatuur geeft verkeerde waarden door (slimme meter)
- Storende geluiden
- Meer verliezen in de installatie

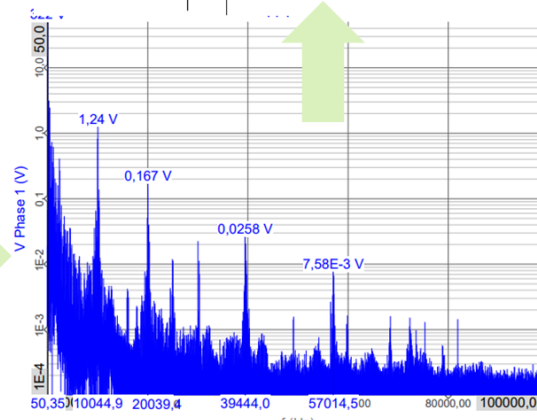
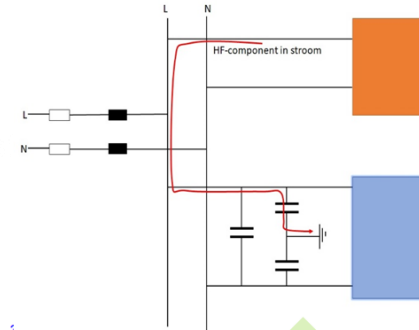
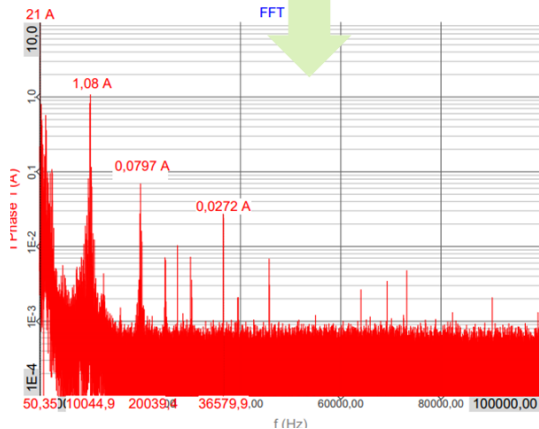
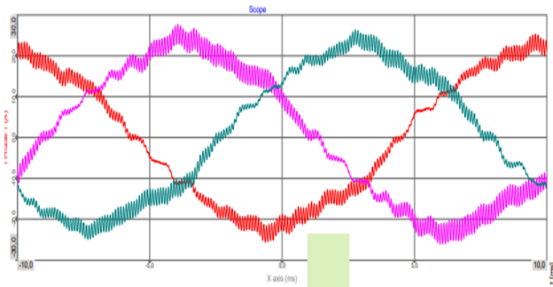
15 september 2023

Risico van resonantie



15 september 2023

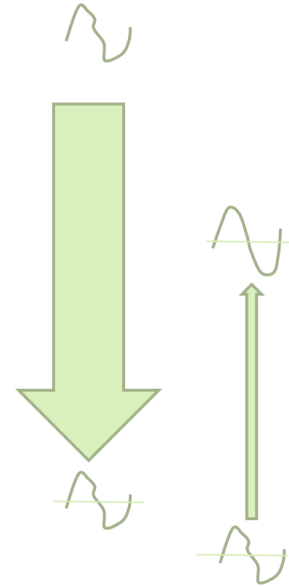
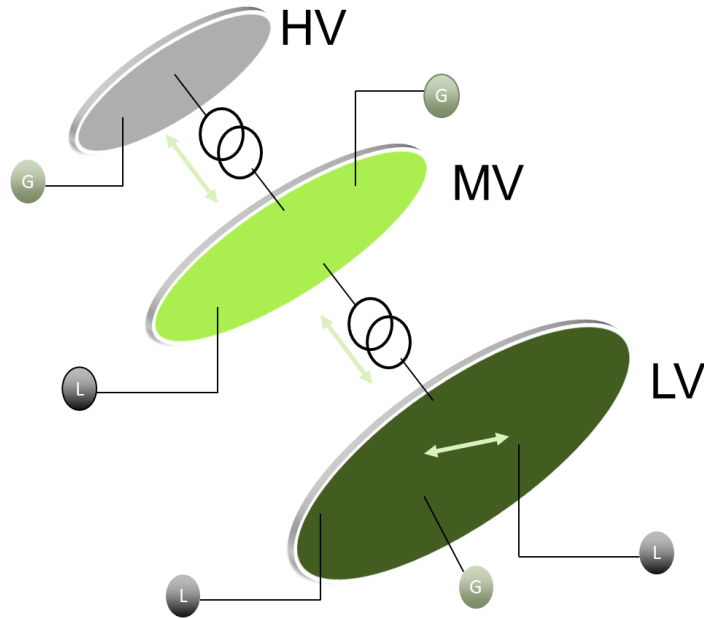
Propagatie van harmonischen



Propogatie afh. van:

- Frequentie
- Impedantie
- Netconfiguratie
- Tijd

Propagatie in netten



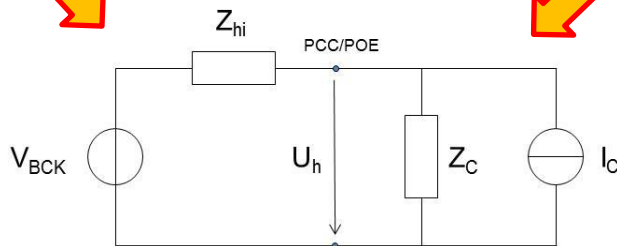
15 september 2023



Aansluitprocedure voor harmonische in HS-net

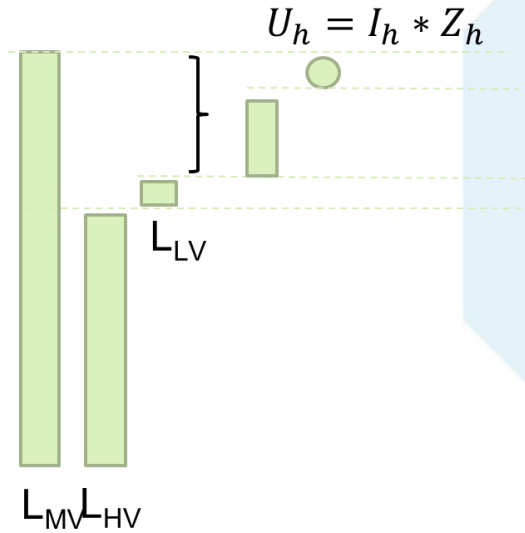
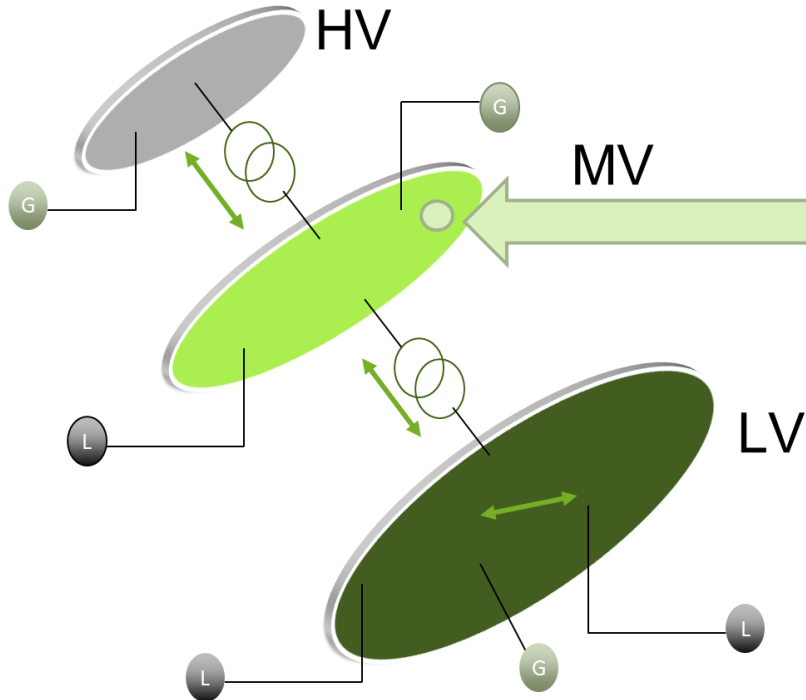


Tekst



15 september 2023

Compliance proces MV



15 september 2023

Promotieonderzoek 1



wetten.nl - Regeling - Netcode elektriciteit - BWBR0037940

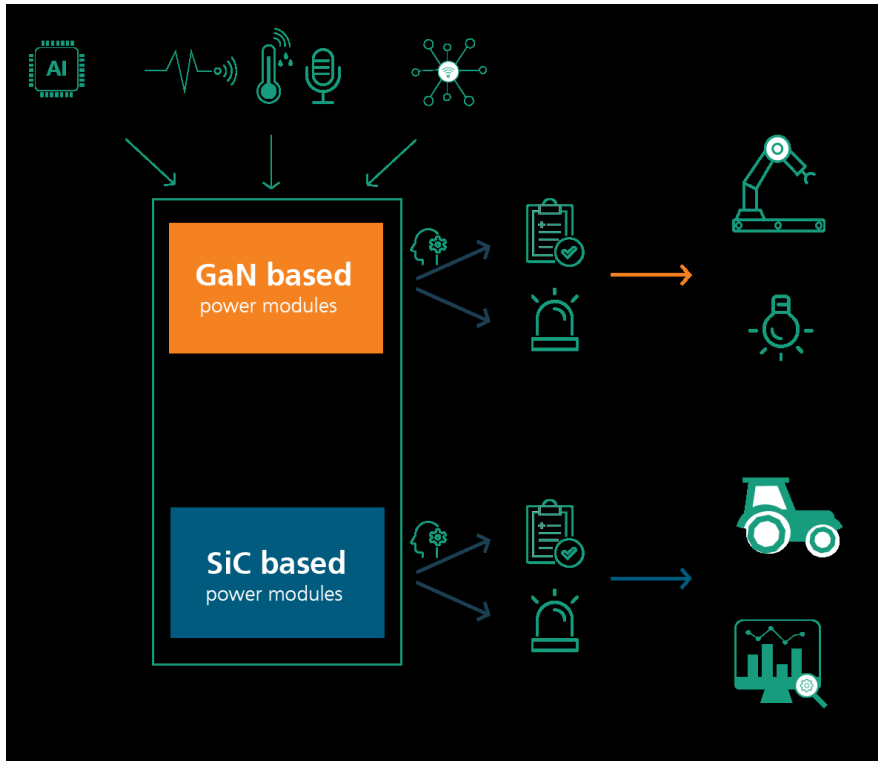
<https://wetten.overheid.nl/BWBR0037940> ▼

Web 2 Voor apparatuur **met** een vermogen groter dan **11 kVA** zijn de "Richtlijnen **voor** toelaatbare **harmonische** stromen geproduceerd door apparatuur **met** een vermogen groter dan **11 kVA**" uit juni 1997 uitgegeven door EnergieNed van toepassing.

Aansluitrichtlijnen voor harmonischen t.b.v. LS- en MS-klienten!

15 september 2023

Promotieonderzoek 2

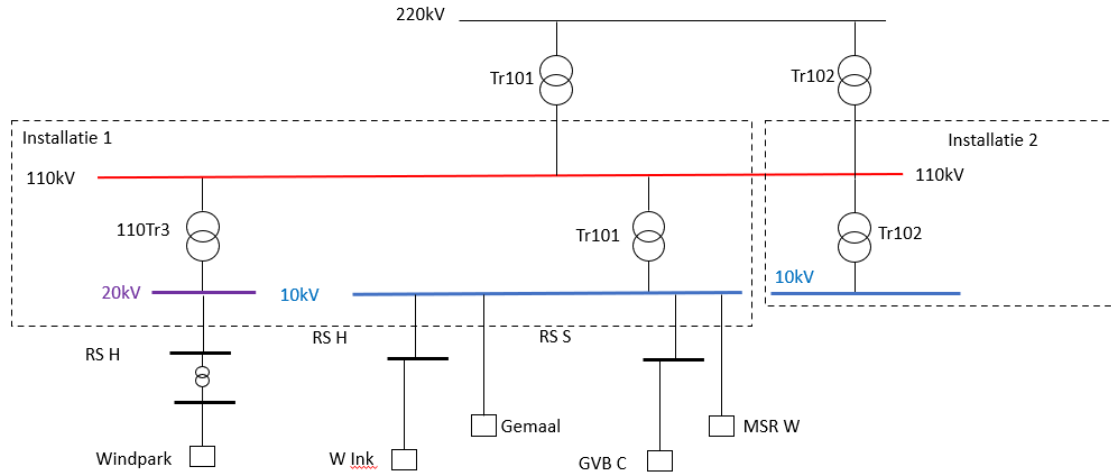


Voorspellen van levensduur electronica
op basis van:

Temperatuur
Stromen
Geluid

.....

5^e harmonische praktijk voorbeeld

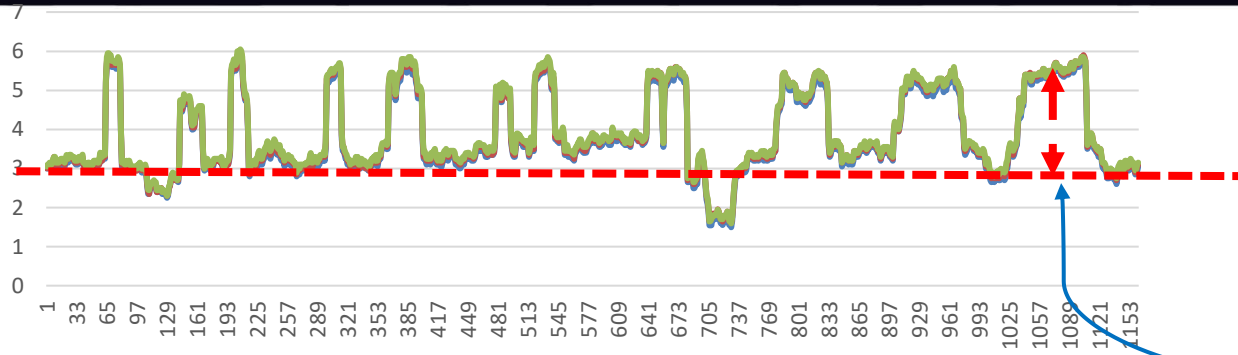


	Meetlocaties	Tijdperiode	Meetwaarde	Opmerking
Eerste meting	GVB C	01-2021	Spanning	Overschrijding 5 ^e harmonische
Her-meting	GVB C	03-2021	Spanning	Overschrijding 5 ^e harmonische
Onderzoek okt	GVB C, RS S, MSR W	10-2021	Spanning, stroom	De metingen is verstuurd naar de netspecialist en zoals te zien kan het probleem wel eens groter zijn dan het lijkt - alle 3 locaties met (dezelfde) hoge 5 ^e harmonische spanning.
Onderzoek dec	C, W Ink, RS H, RS S	11-2021	Spanning, stroom	OIV-er geeft aan dat mogelijk het windpark een veroorzaker zou kunnen zijn. Uit de meetdata blijkt dat W Inkoop meting 2 wel de veroorzaker kan zijn.

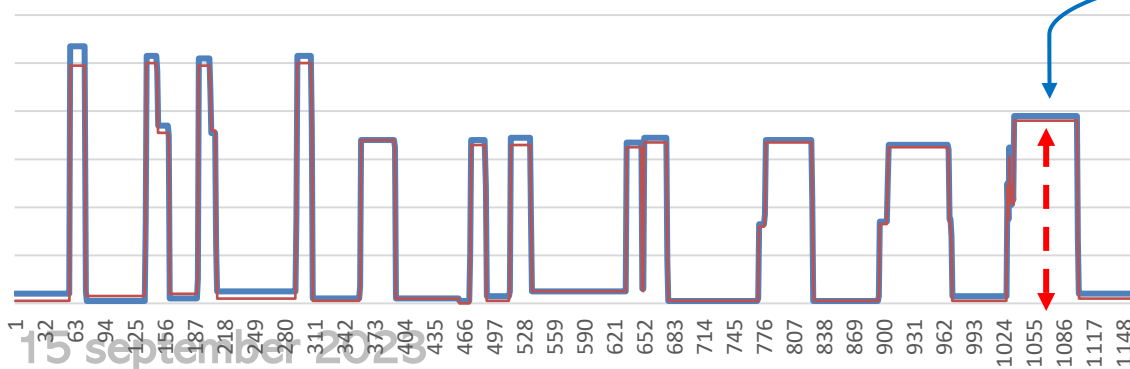
5^e harmonische praktijk voorbeeld



5^e harmonische spanning (in %) bij C₁₁ 2021



Vermogen (P) (Gemaal) uit EMS 11-2021



“Basisniveau” afkomstig van andere gebruiker(s)

Aandeel 5^e harmonische van het gemaal



Beleid en richtlijnen

Meten, modeleren & prognoses

Impact op asset
temperatuur &
veroudering

Interesse om ook mee te denken over harmonische?



Spreek Colin van Wijk of Sjef Cobben aan tijdens Ksandr Live XL
of
Stuur een email naar: colin.van.wijk@ksandr.nl

Praktijk probleem 1



Supraharmonischen

- Laadpleinen
- Smart meter



Promotieonderzoek Tim Slangen (verdediging 18 December)
15 september 2023

Praktijk probleem 2



Aspecten classificatie

- Energiemanagement
- Arbeidsfactor
- Harmonische (spanning en stroom)
- Monitoring
-

15 september 2023





Harmonischen

En de invloed op componenten

The background of the lower half of the image is a faded, grey-toned photograph of high-voltage electrical transmission towers and power lines stretching across the landscape.

Ksandr

Het collectieve brein voor de instandhouding
van het Nederlandse elektriciteitsnet.

5^e harmonische praktijk voorbeeld



Beleid en richtlijnen

De maximale waarden van in dit voorbeeld (6%) kan worden overschreden door meerdere aansluitingen die afzonderlijk geen limieten overschrijden. Hoe kunnen we de spanningskwaliteit waarborgen?

Metten, modeleren & prognoses

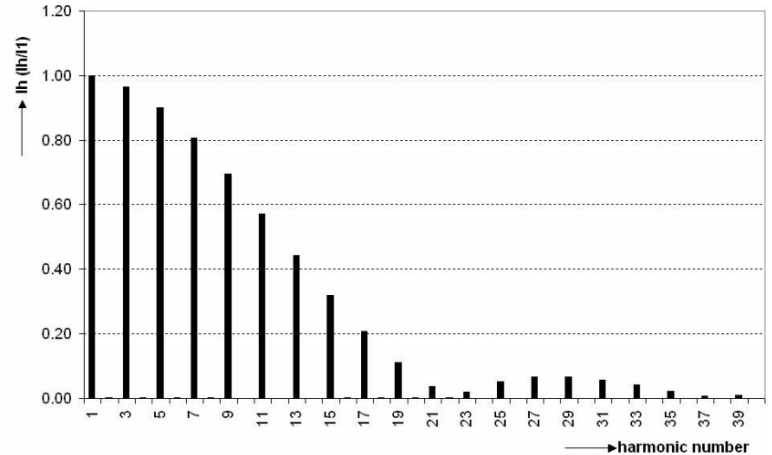
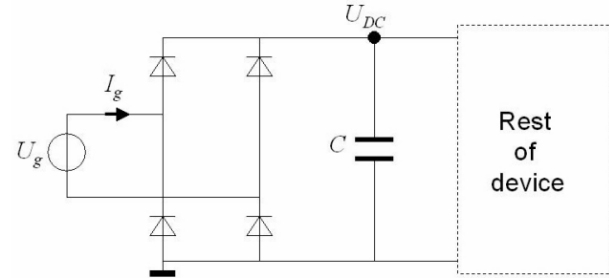
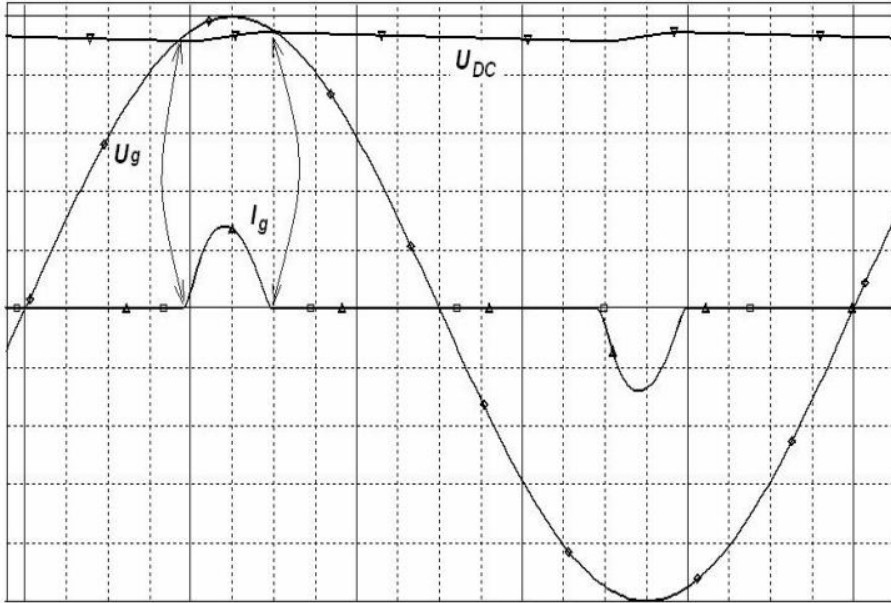
Hoe hadden we met een betere meetstrategie of modellering de situatie sneller/beter kunnen analyseren?

Impact op asset temperatuur & veroudering

Wat zijn de lange termijn effecten op de netcomponenten en de installaties van de aangeslotenen?

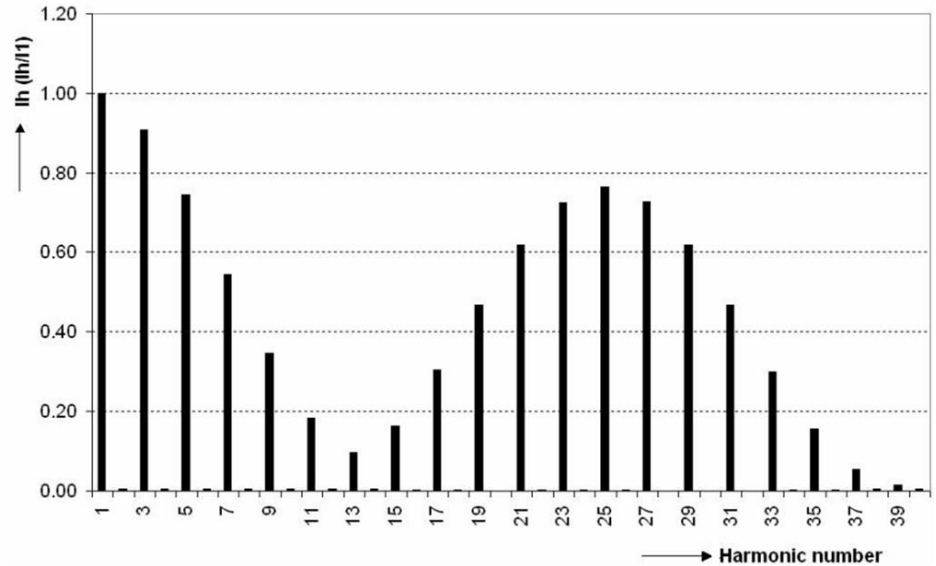
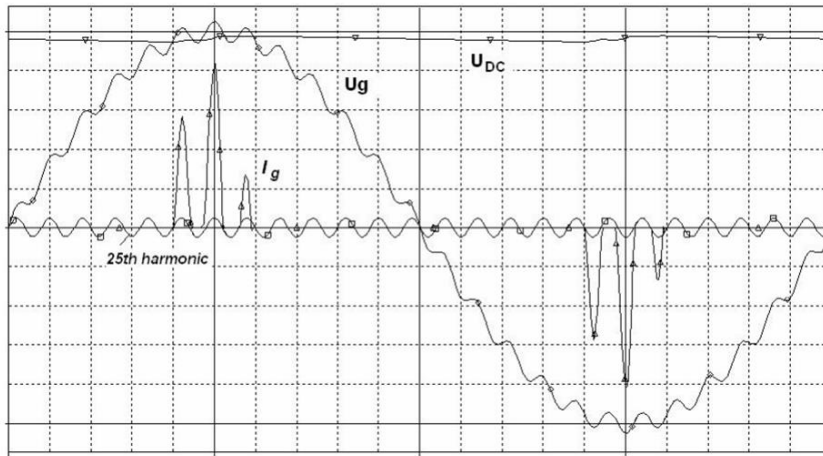
15 september 2023

Harmonische vingerafdruk



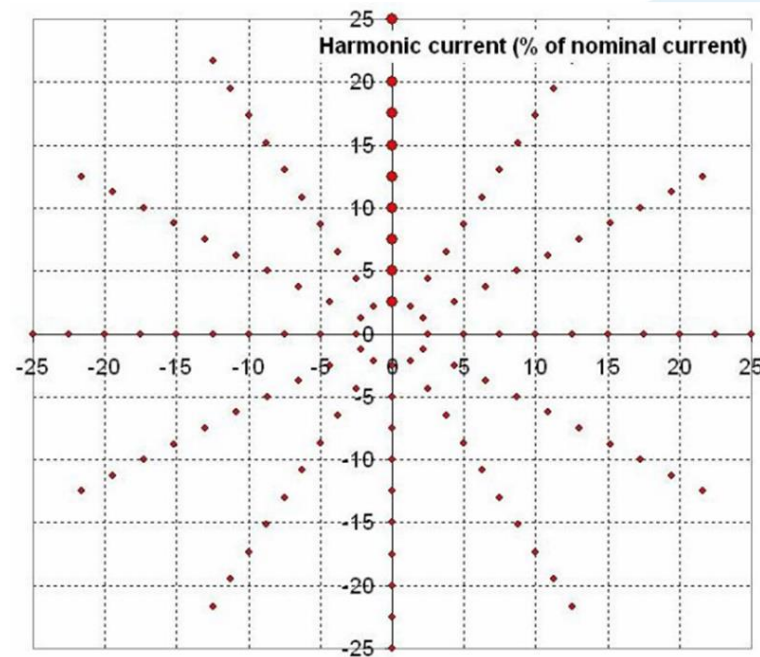
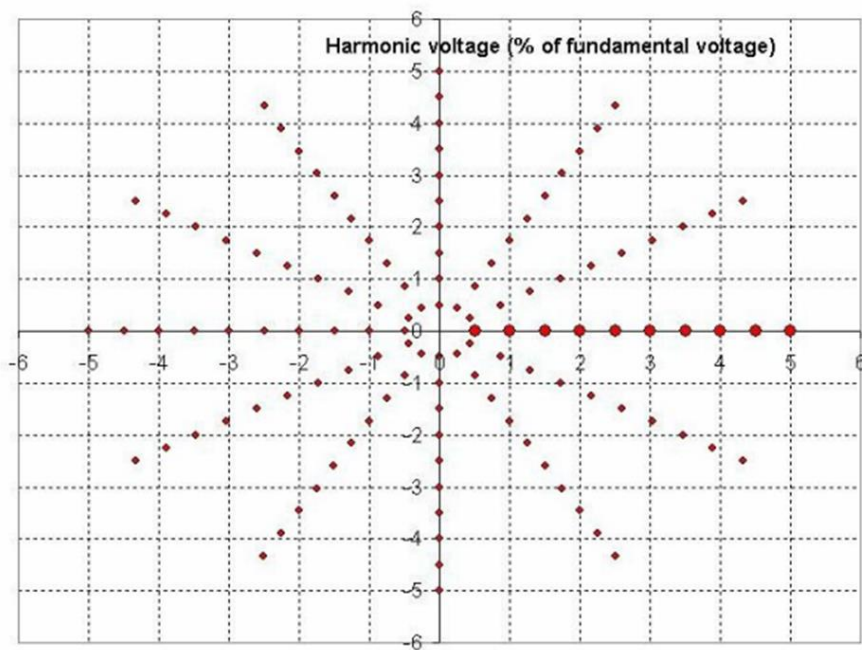
15 september 2023

Harmonische vingerafdruk



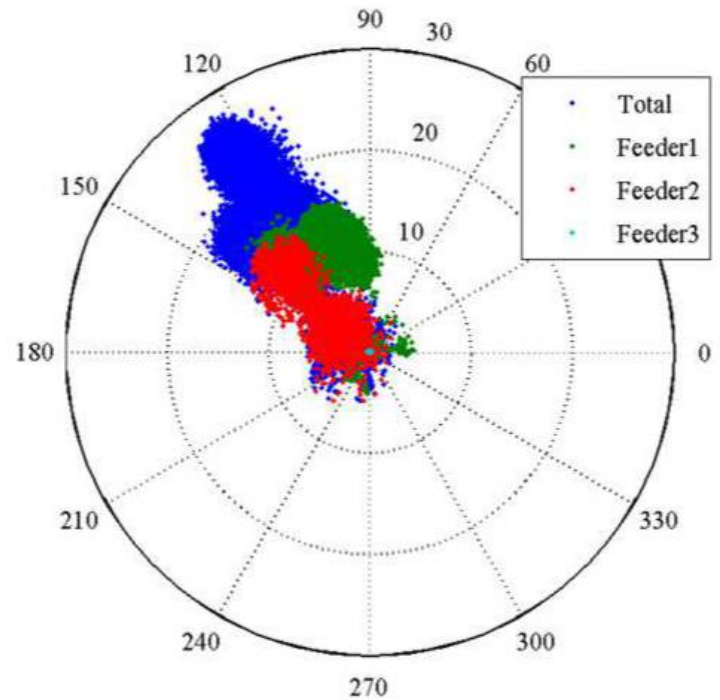
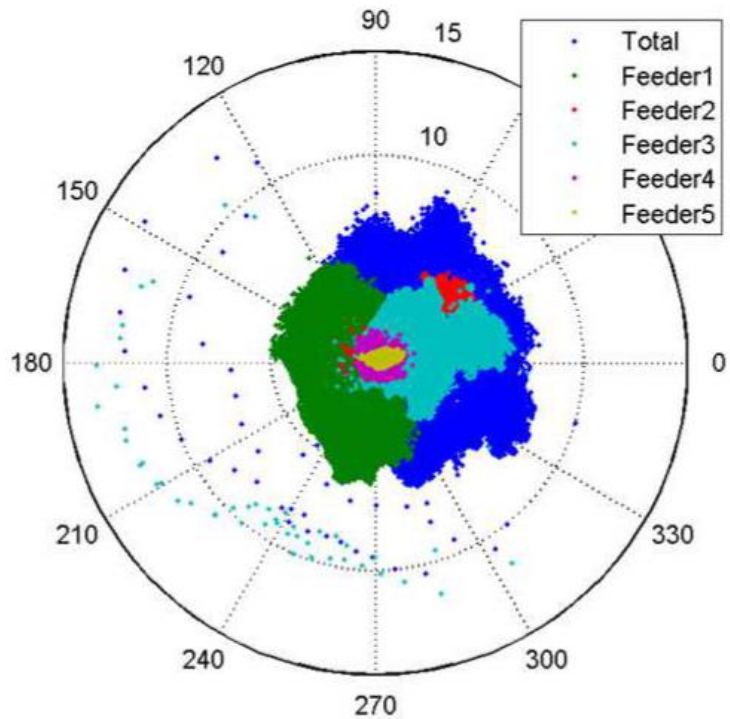
15 september 2023

Harmonische vingerafdruk?

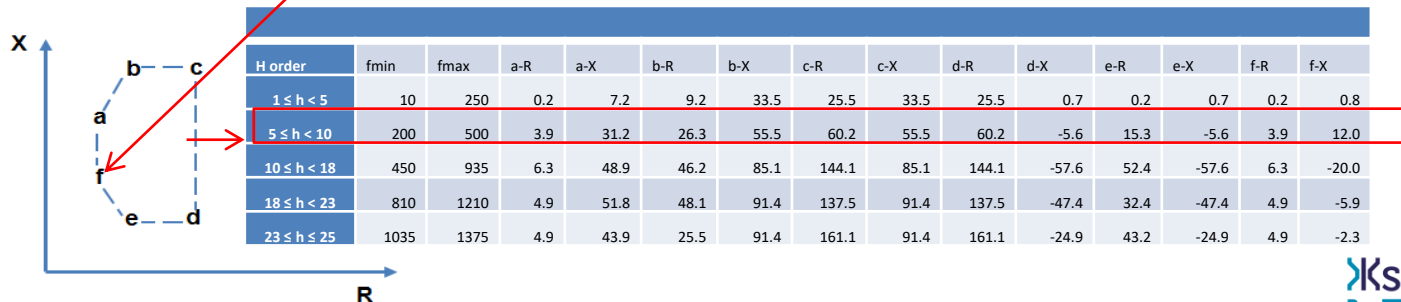
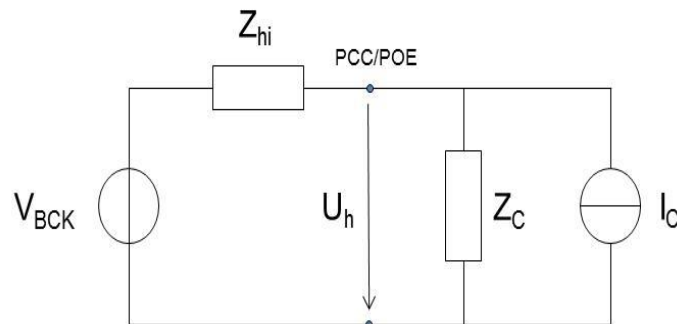
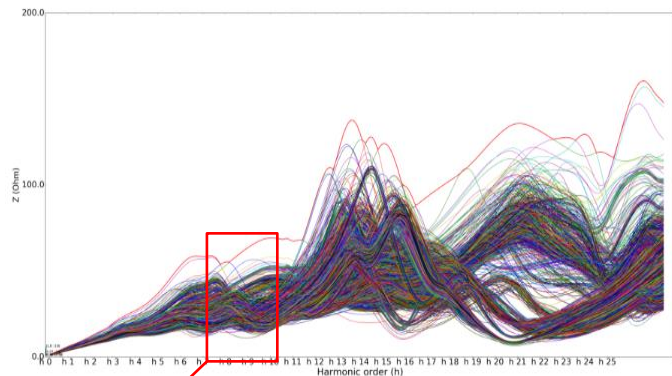


15 september 2023

Sommatie



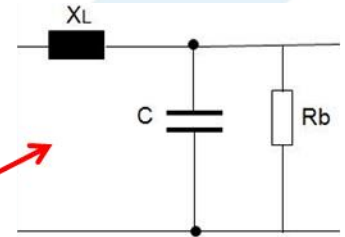
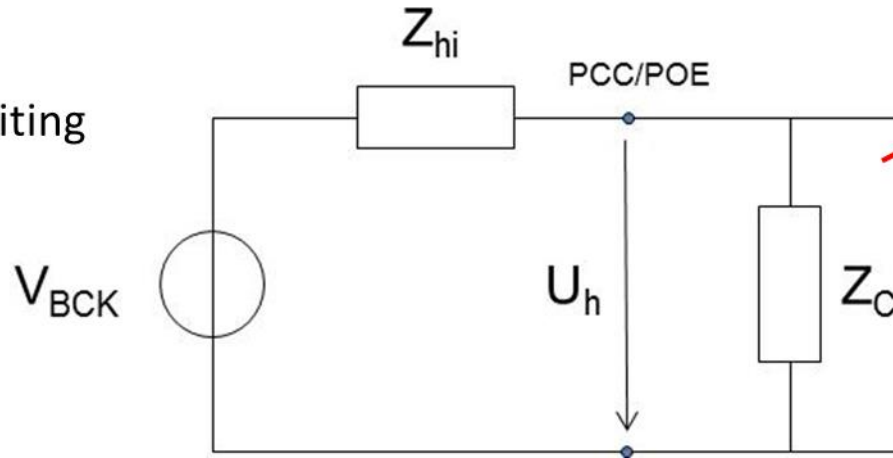
Wat is bijdrage aan $U(h)$?



Mogelijke versterking door resonantie



Net (L) kan met aansluiting
of kabel (C) leiden tot
reonantie



$$k = \left| \frac{Z_C}{Z_C + Z_{hi}} \right|$$

References

[1] Shafiee-Rad, Marjan & Kazerooni, Maryam & Ghorbani, J. & Mokhtari, Hossein. (2012). Analysis of the grid harmonics and their impacts on distribution transformers. 10.1109/PECI.2012.6184593.