

Energietransitie en Power Quality

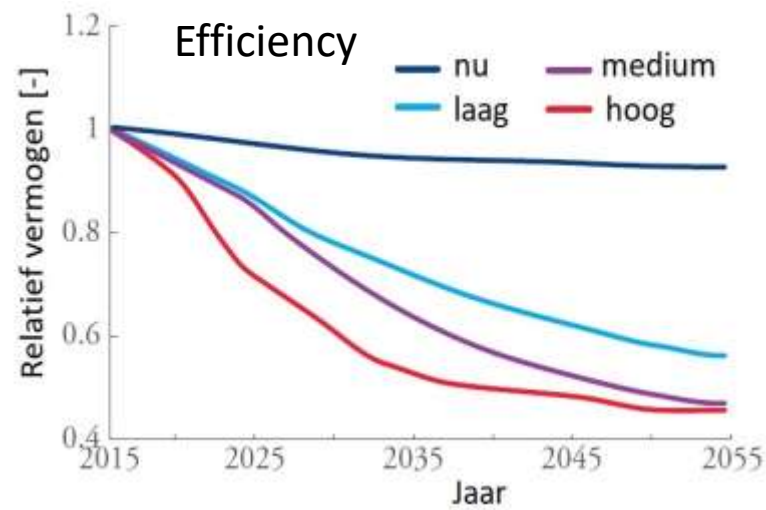
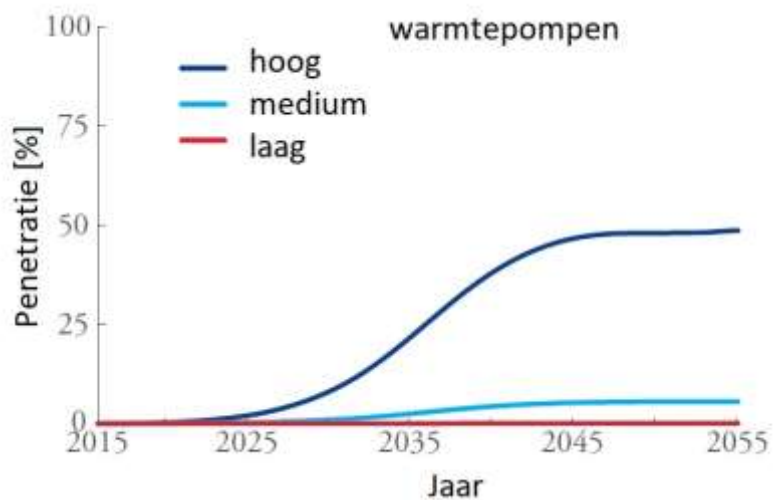
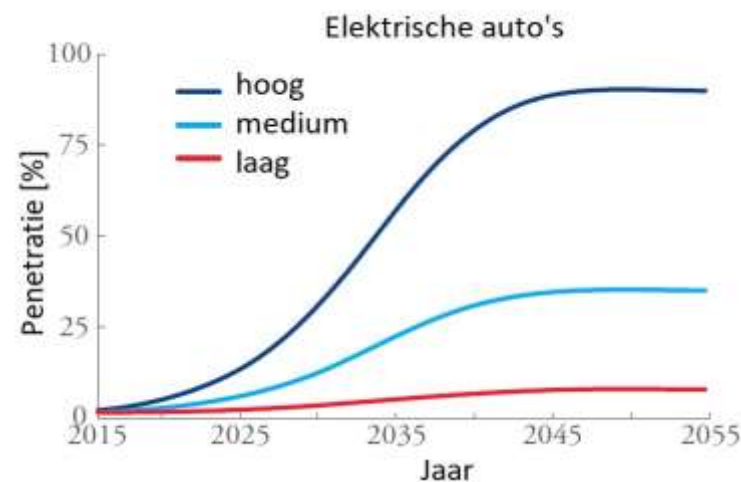
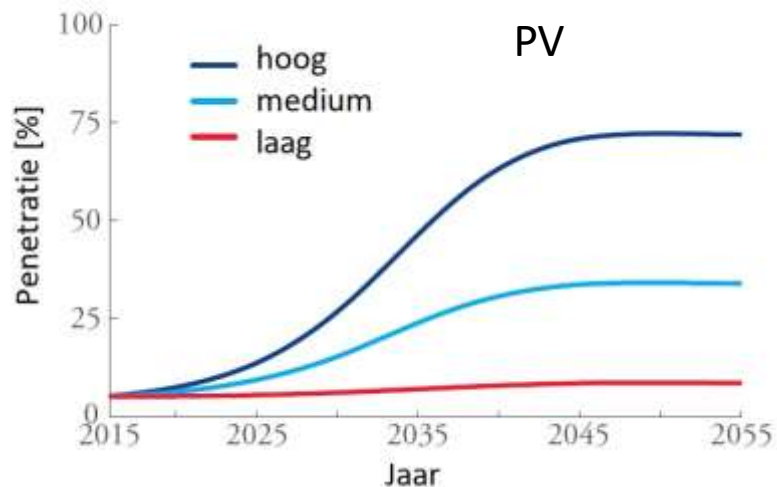
Prof.dr.ir. J.F.G. (Sjef) Cobben

Stroomversnelling (nul op meter)!

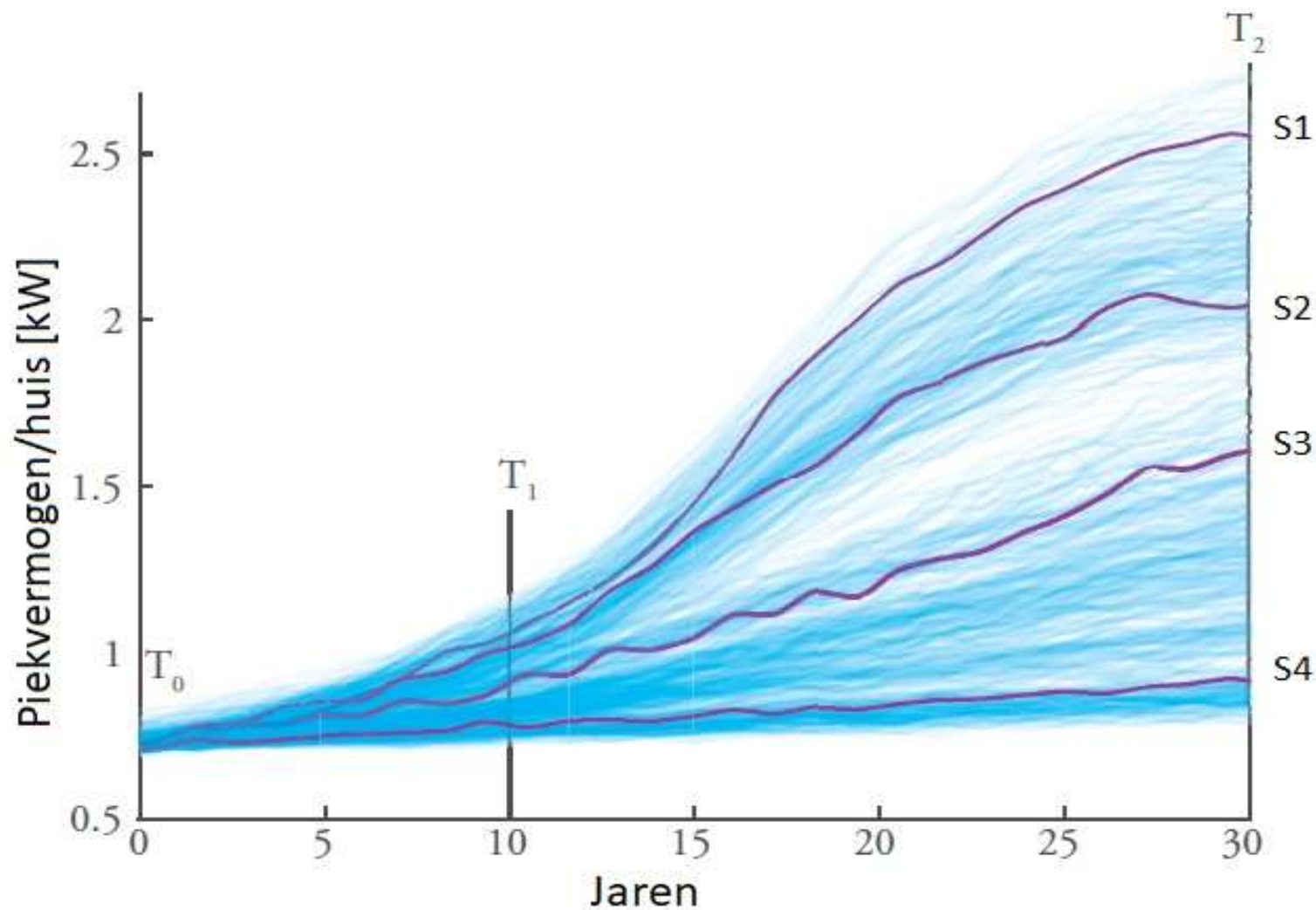
Renovatie van woningen naar nul-energie woningen



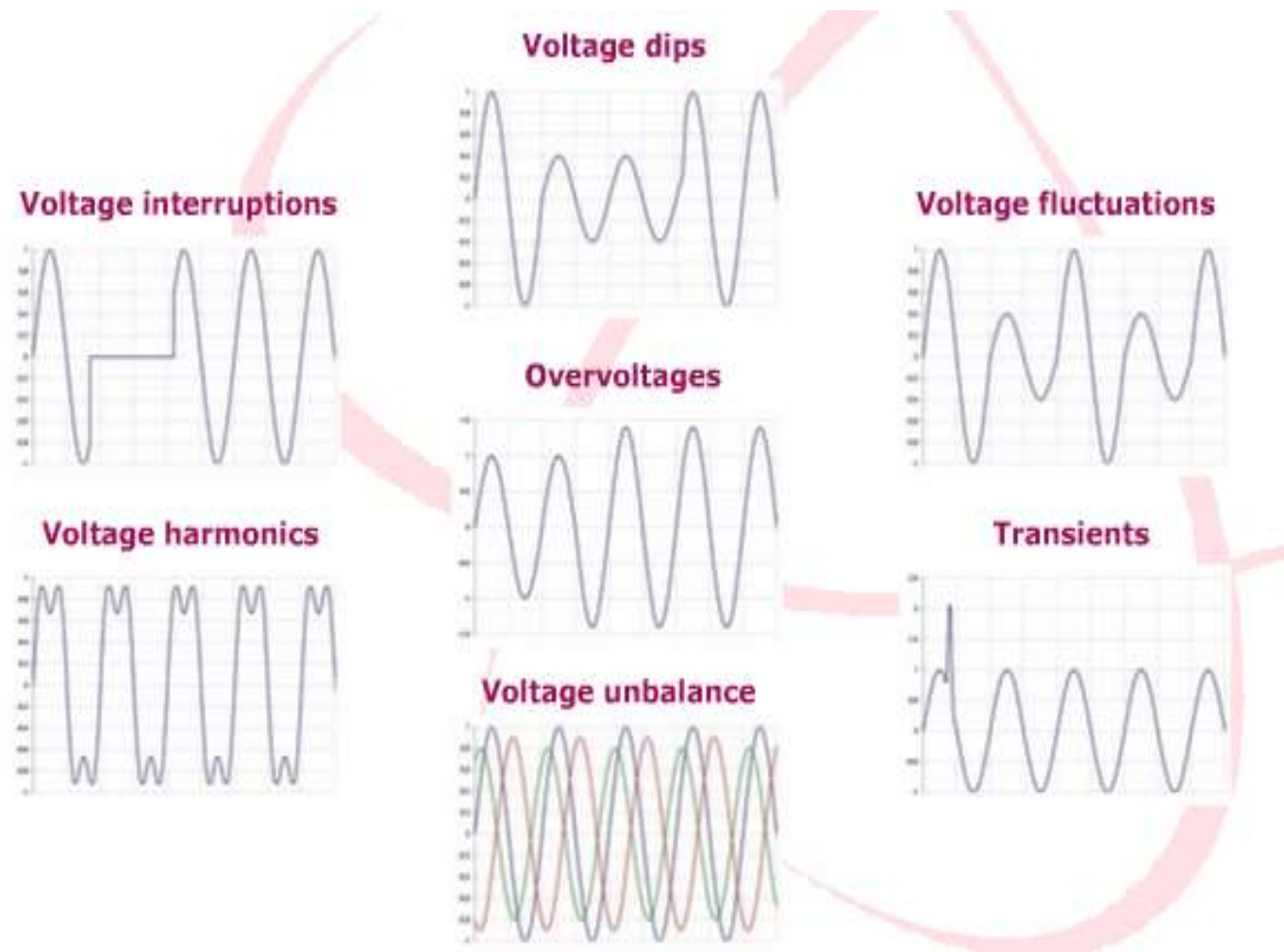
Hoe gaat belasting net veranderen?



Mogelijke scenario's



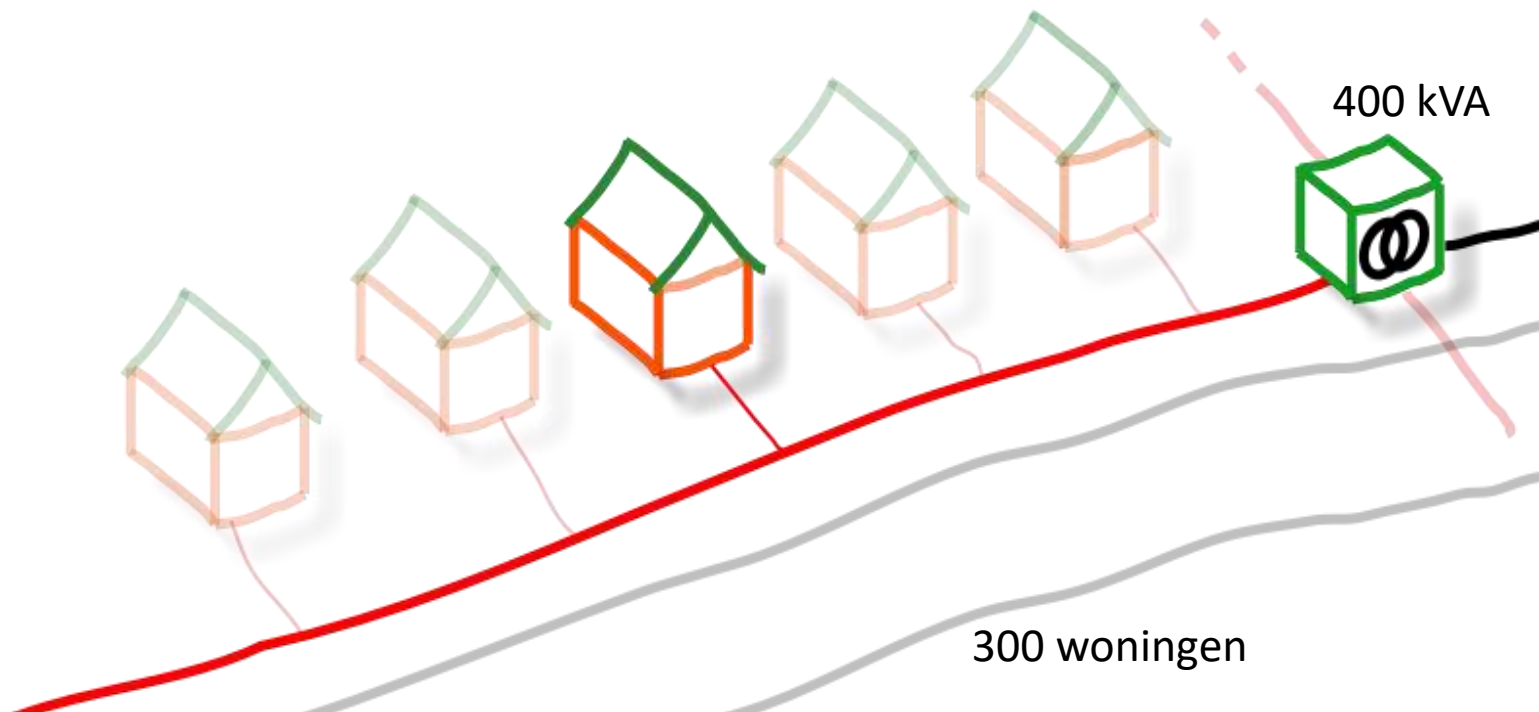
Kwaliteit van elektriciteit



Wat is de huidige kwaliteit? www.uwspanningskwaliteit.nl

PV-systemen aangesloten op LS-net

- Net uitgelegd op ca. 1,1 kVA per woning

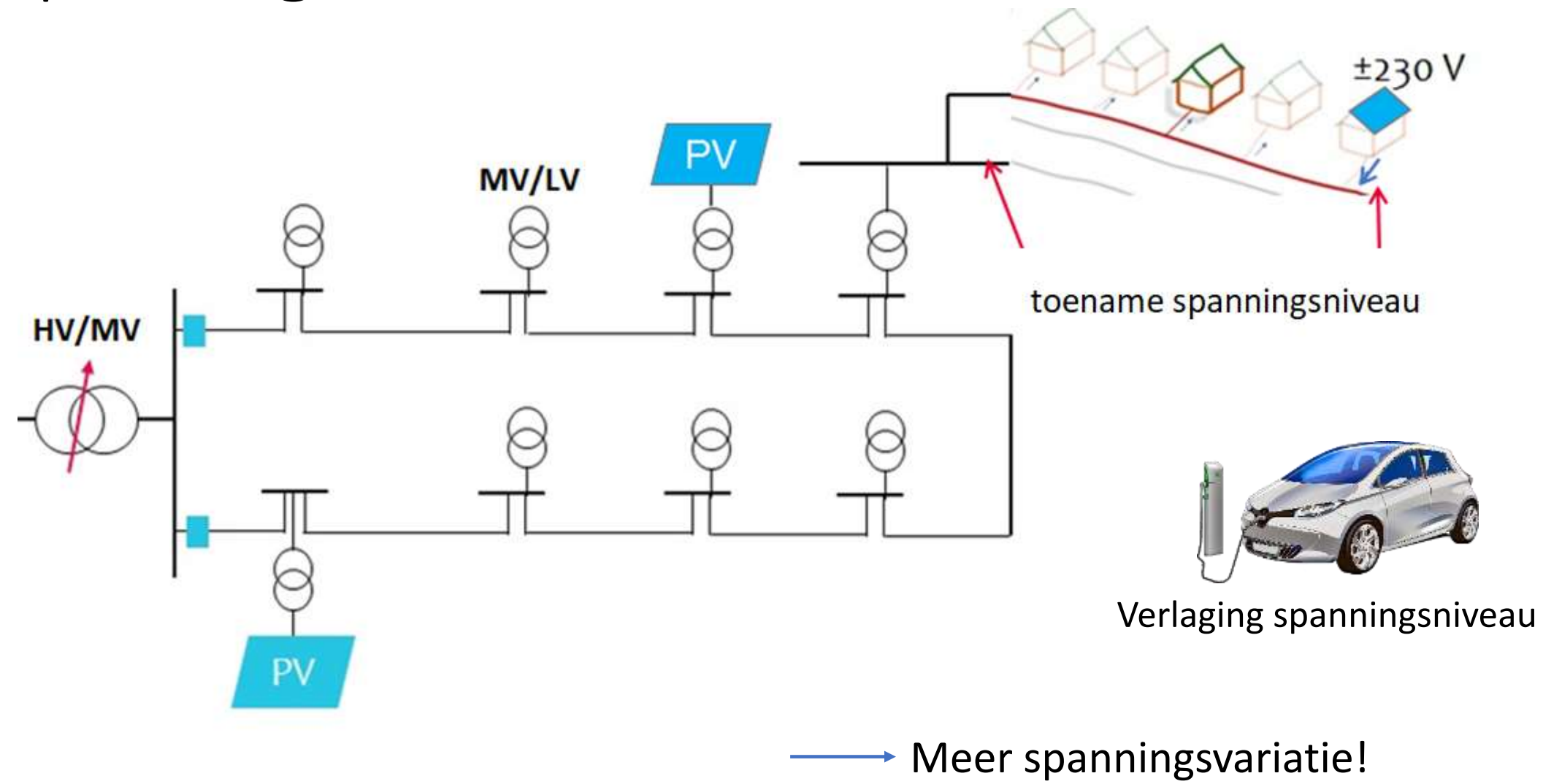


Capaciteitsprobleem of spanning

- Hoogste spanning bij A



De invloed van PV (en EV) op het spanningsniveau

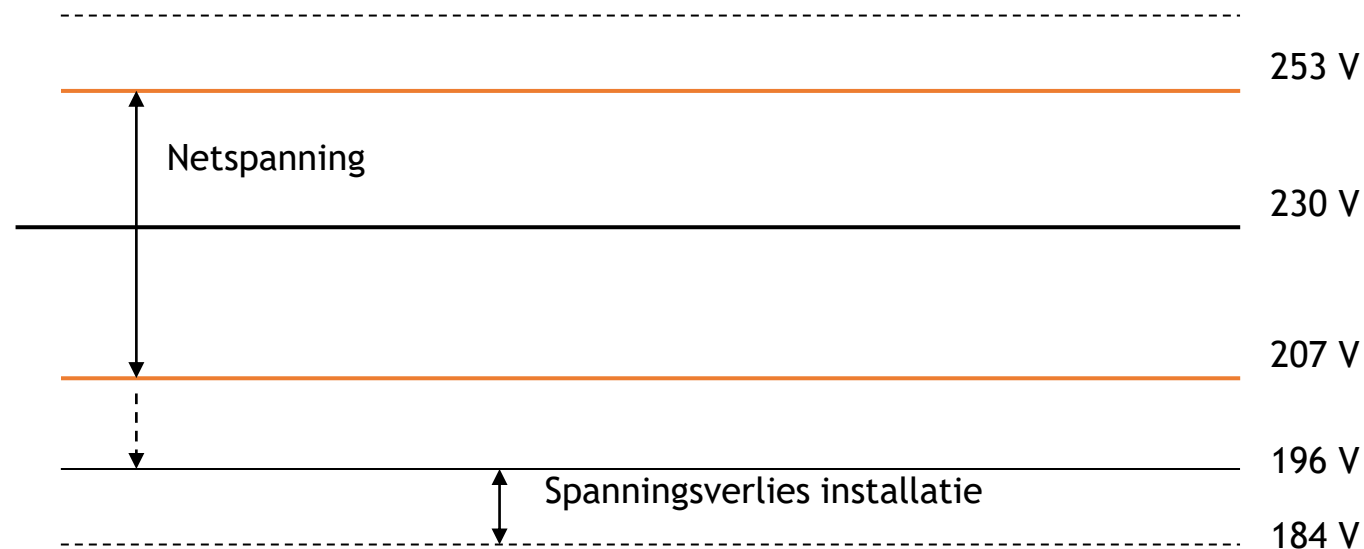


Verlaging spanningsniveau

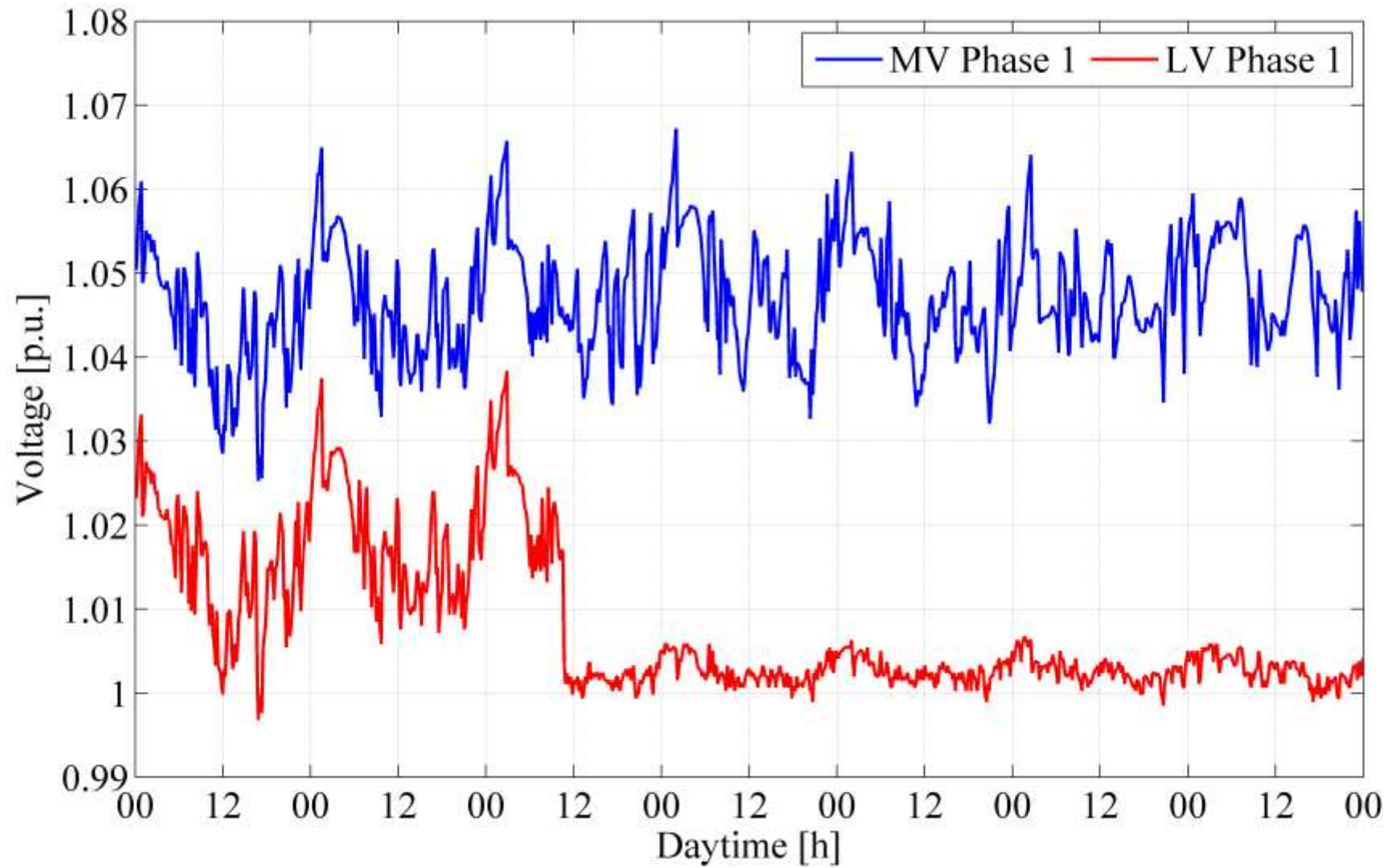
→ Meer spanningsvariatie!

Spanning op het toestel

- Eisen staan in de netcode (www.acm.nl)

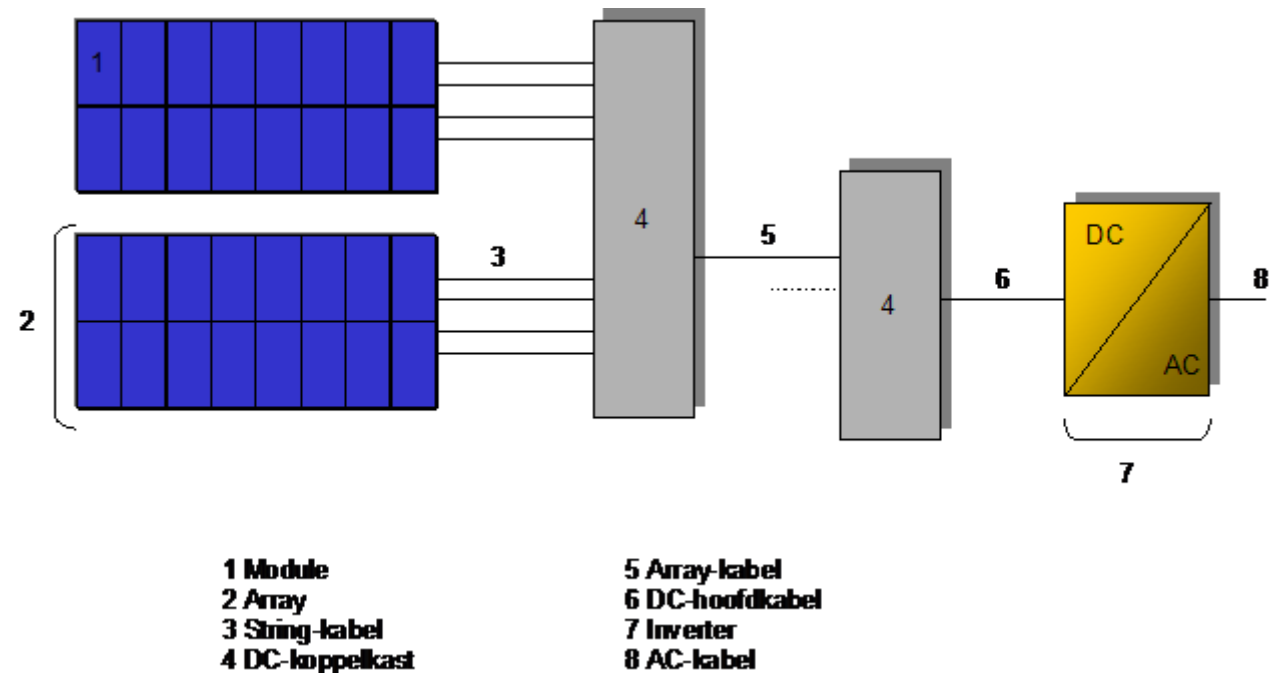


Spanningsregeling MS/LS-trafo

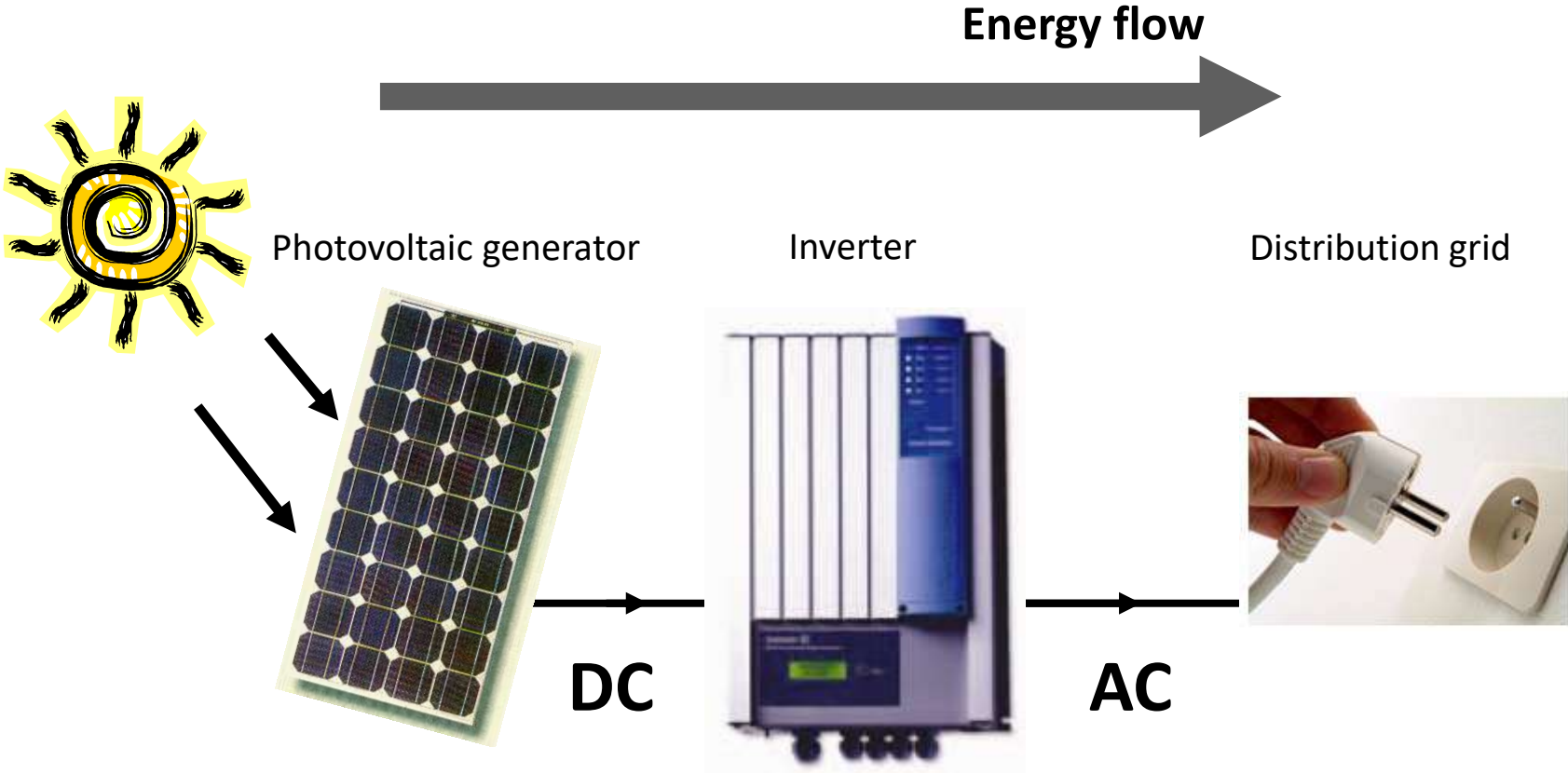


Opbouw PV-systeem

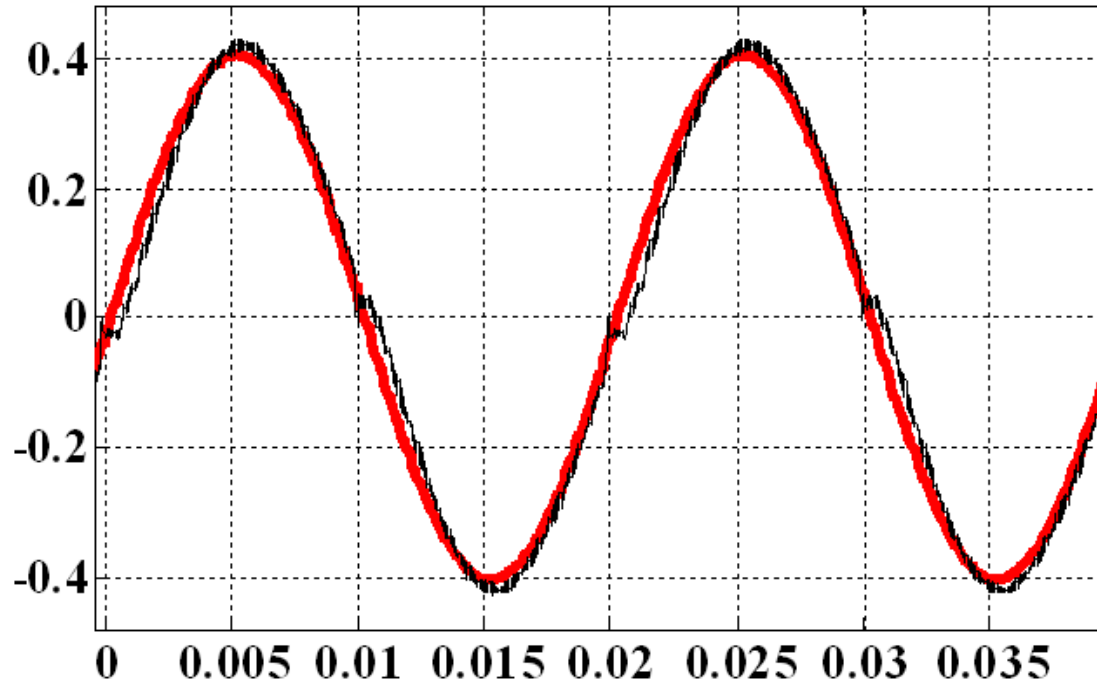
- DC-spanning
- Geen kortsluitvermogen
- Eisen in rubriek 712 NEN 1010
- Afzonderlijke (eind)groep
- Keuze (micro)inverter
- Inverter eigenschappen
 - Regelgedrag
 - Harmonischen
 - Communicatie (cybersecurity)
 - Immuniteit dips



Harmonische impact van PV



Hoe schoon zijn de stromen ?



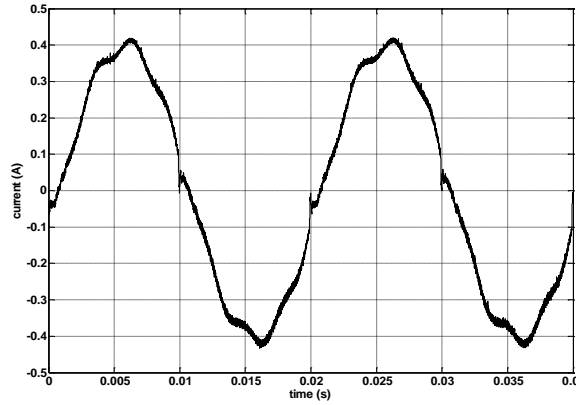
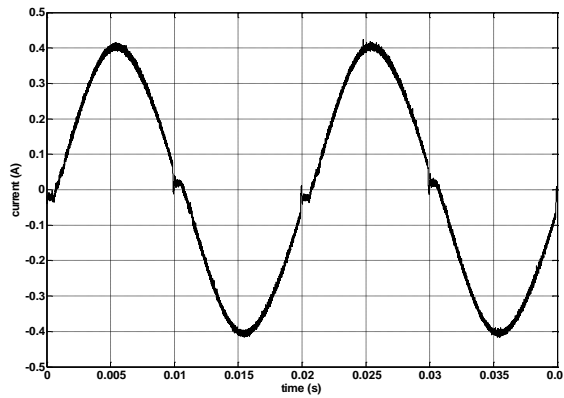
Inverter "levert" geen perfecte sinus

Spanning zal stroom beïnvloeden

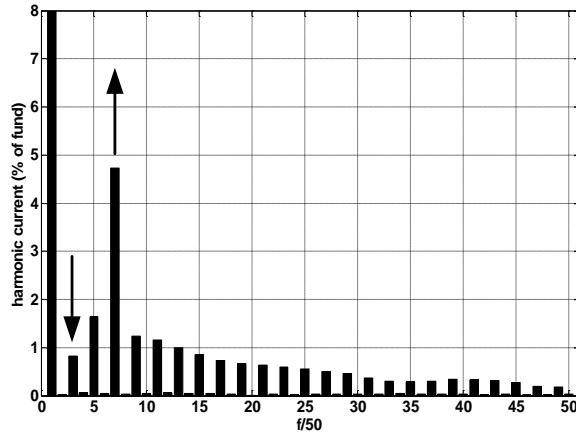
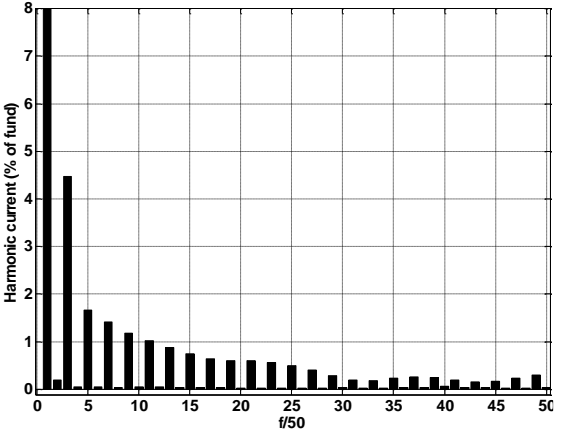
Schoon net

... + 4% 3^e harmonische
 + 3% 7^e harmonische

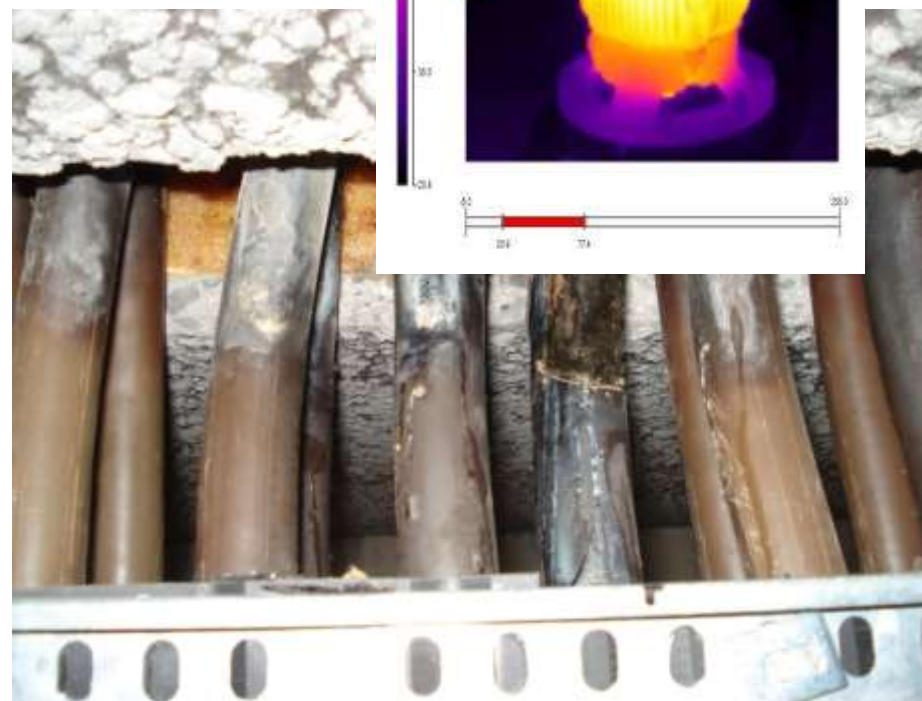
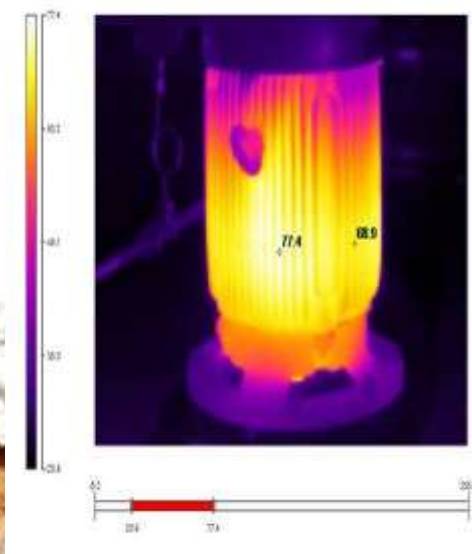
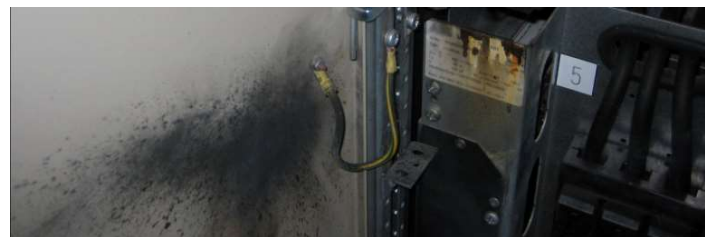
Current



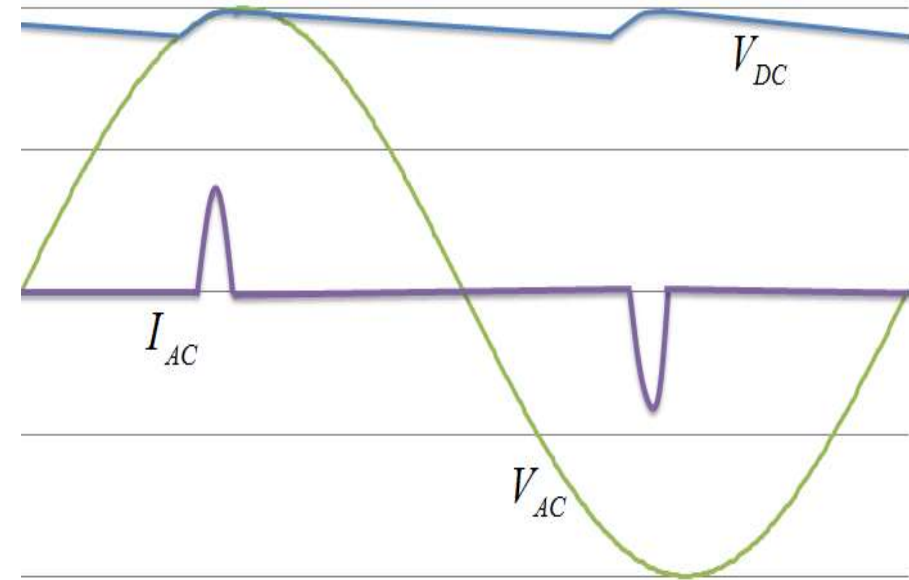
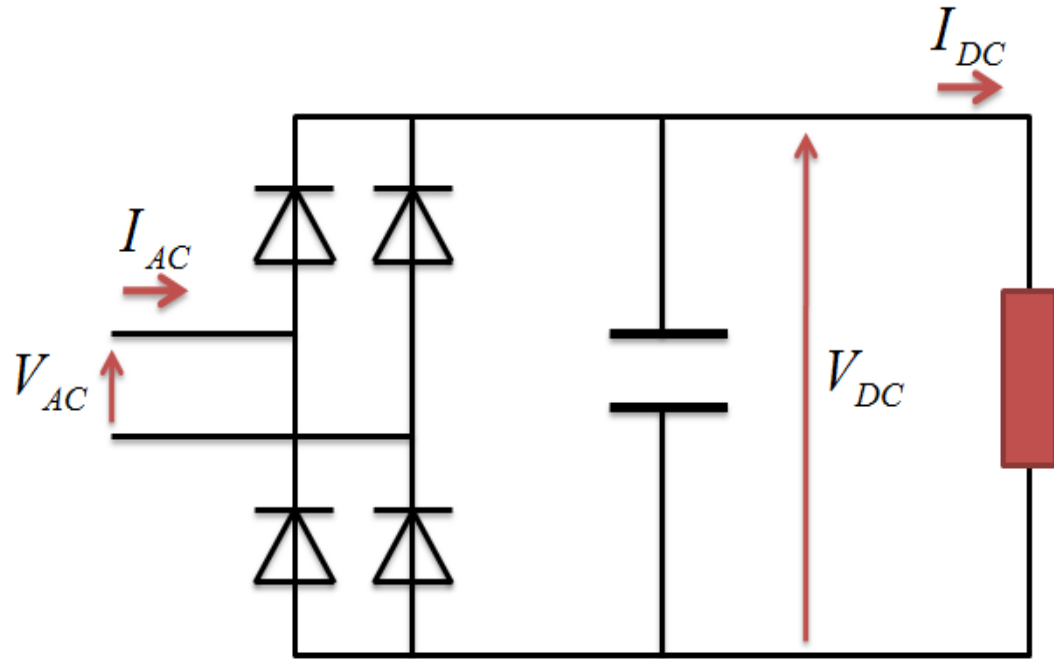
Harmonic dist.



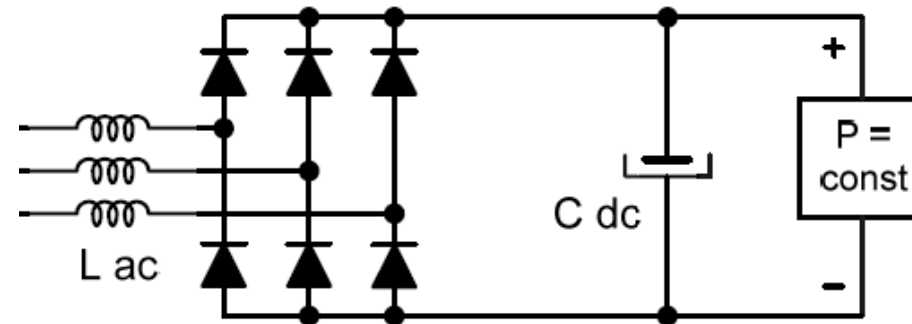
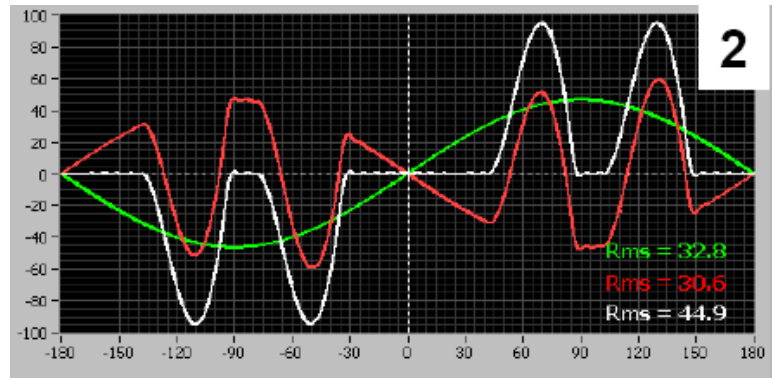
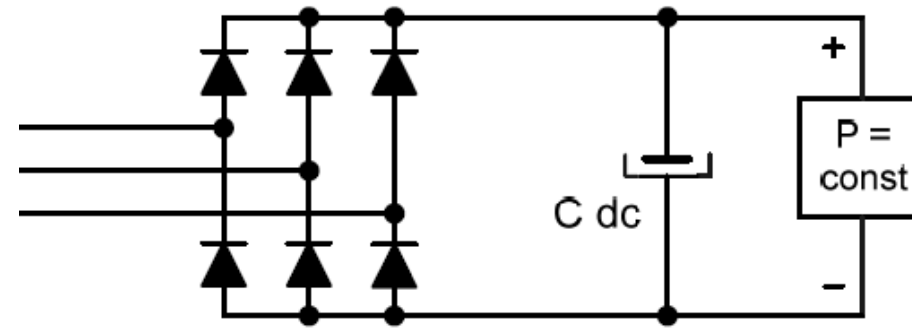
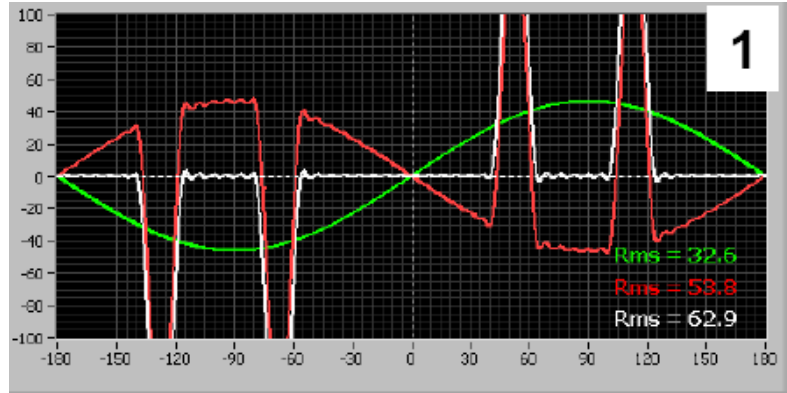
Problemen met harmonischen



Stroom bij gelijkrichter

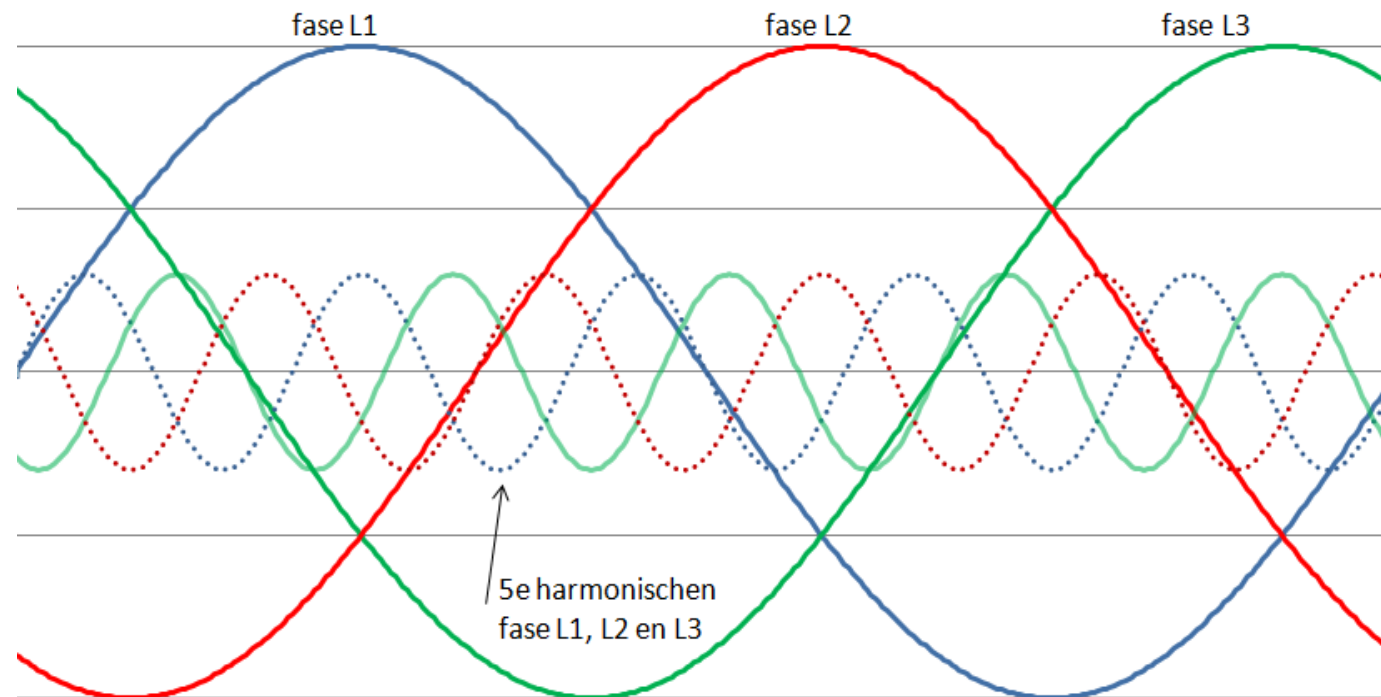


Gelijkrichterbrug



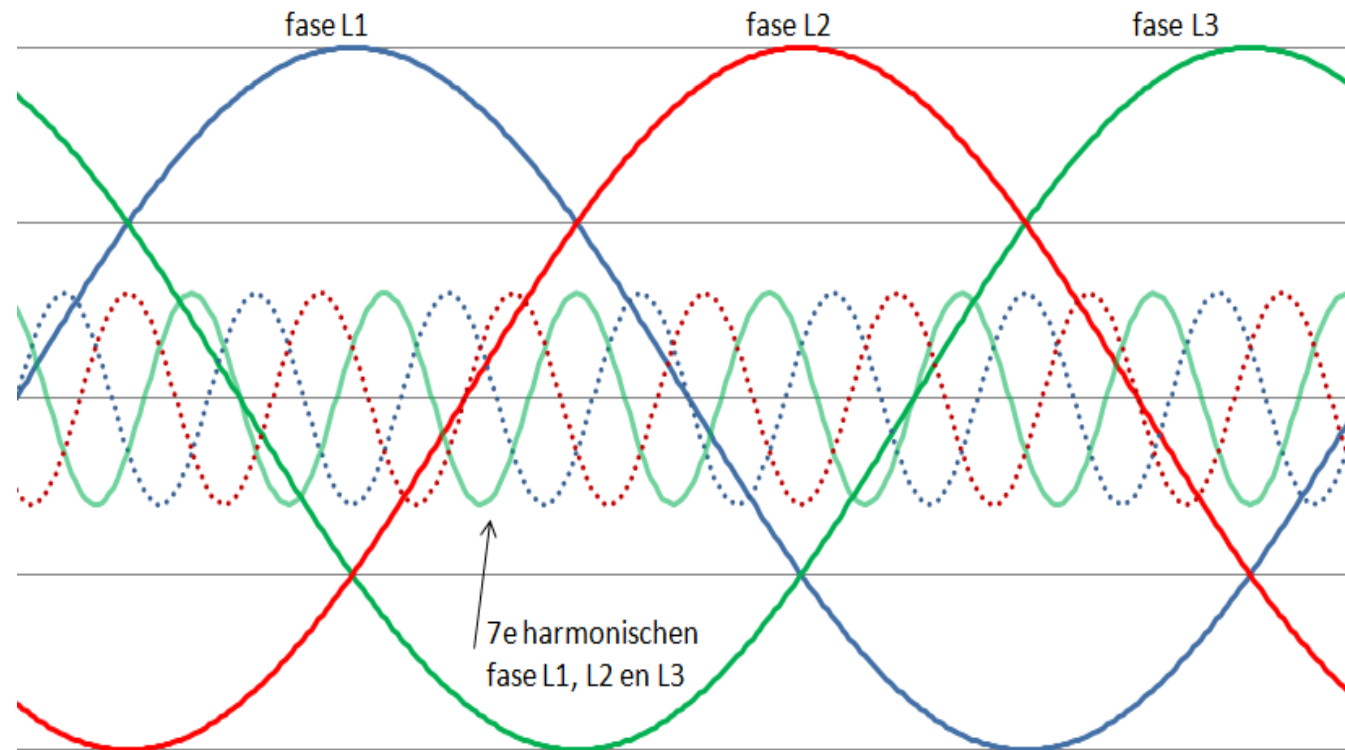
Eigenschappen harmonischen

- Meedraaiend, tegendraaiend, homopolair



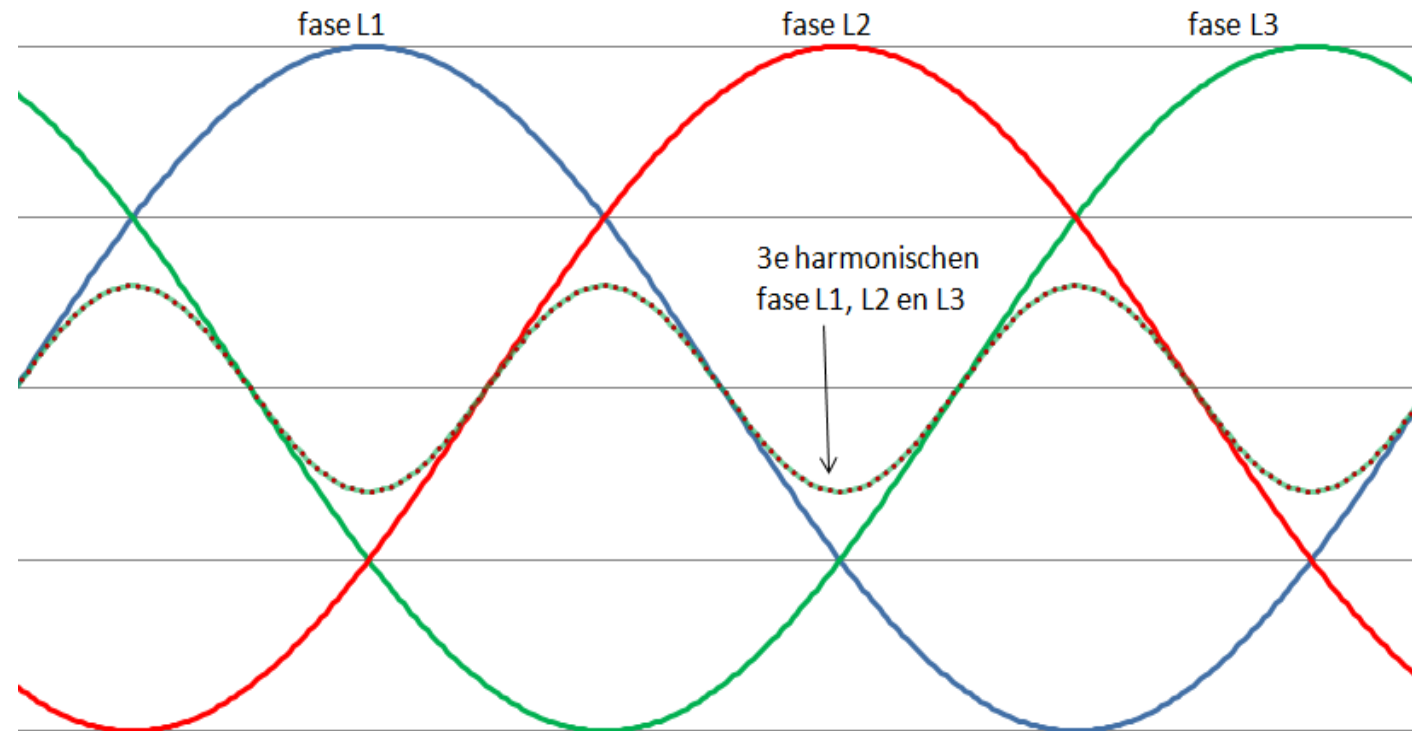
Eigenschappen harmonischen

- Meedraaiend, tegendraaiend, homopolair

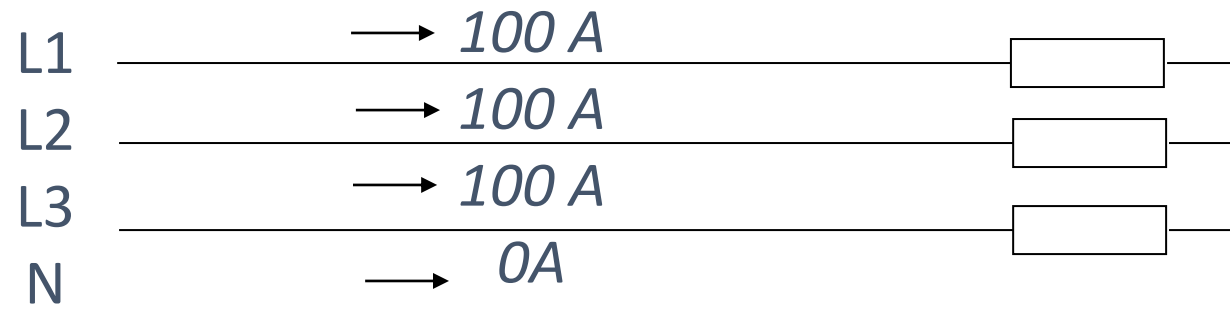
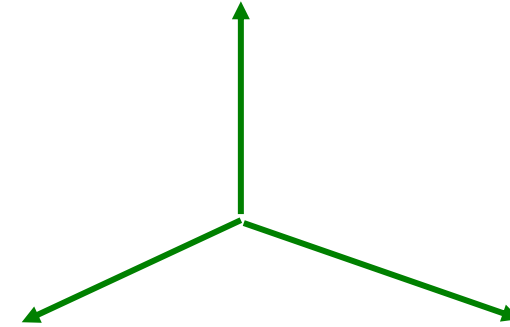
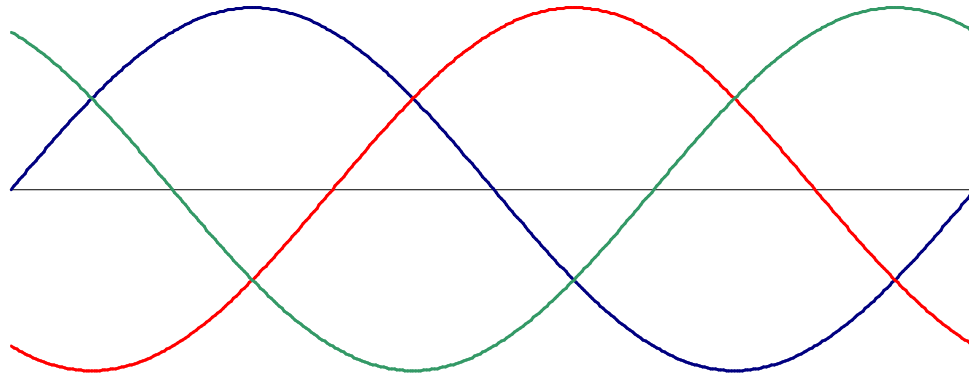


Eigenschappen harmonischen

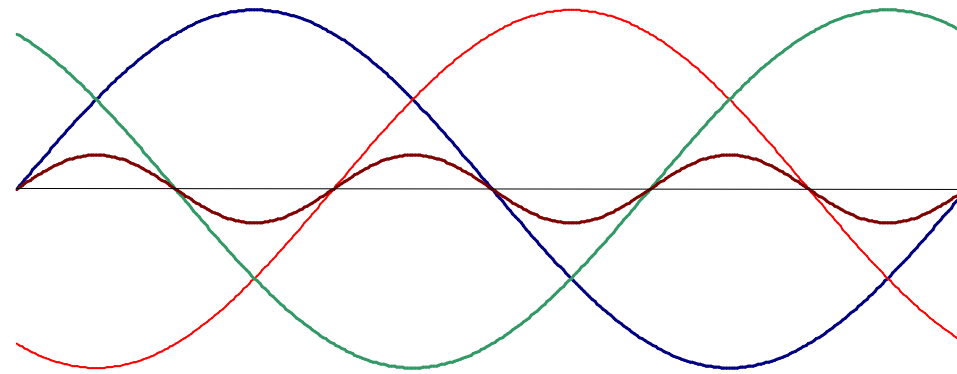
- Meedraaiend, tegendraaiend, homopolair



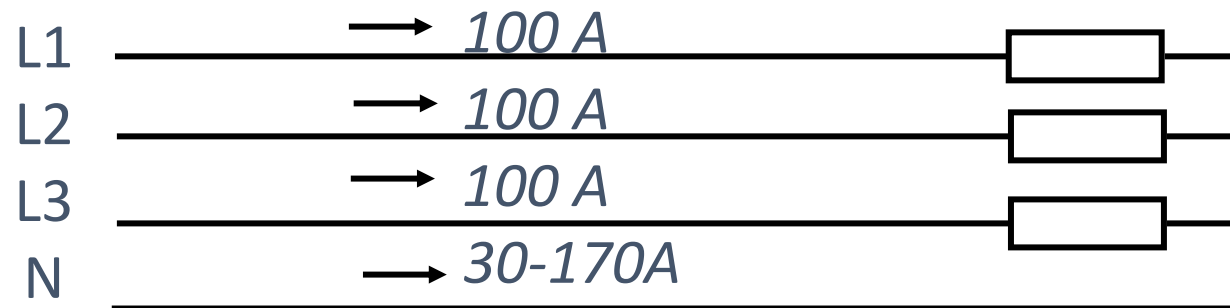
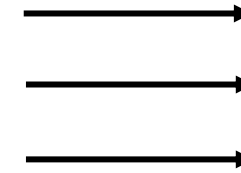
Symmetrische belasting



Belasting met 3^e harmonische



3e harmonische



Gevolgen voor leidingdoorsnede

- Correctiefactor voor belastbaarheid

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



Overbelasting condensatoren!

- Impedantie omlaag en stroom omhoog

$$Z = \frac{1}{2\pi fC}$$



Netcode (limieten voor de spanning)

IEC61000 (limieten stroom)

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

Table 3 – Limits for Class D equipment

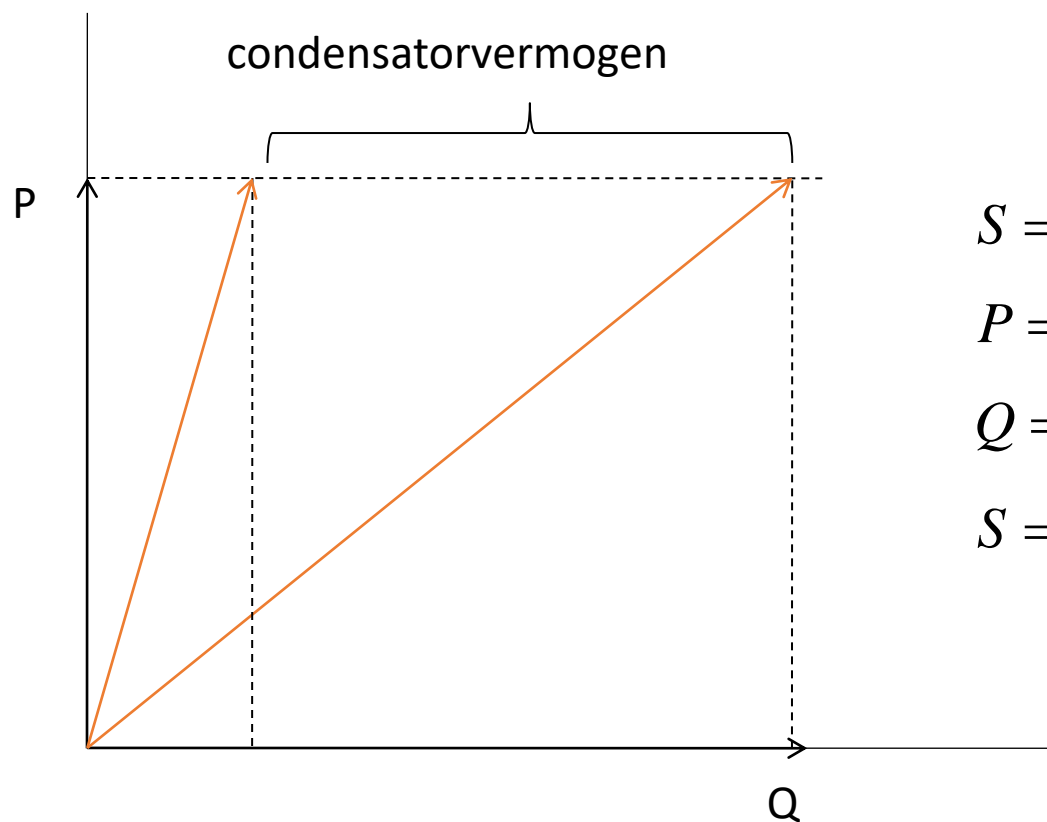
Harmonic order n	Maximum permissible harmonic current per watt mA/W	Maximum permissible harmonic current A
3	3,4	2,30
5	1,9	1,14
7	1,0	0,77
9	0,5	0,40
11	0,35	0,33
$13 \leq n \leq 39$ (odd harmonics only)	$\frac{3,85}{n}$	See Table 1

Wat is blindvermogen

Schijnbaar
vermogen



Schijnbaar, werkelijk, blindvermogen



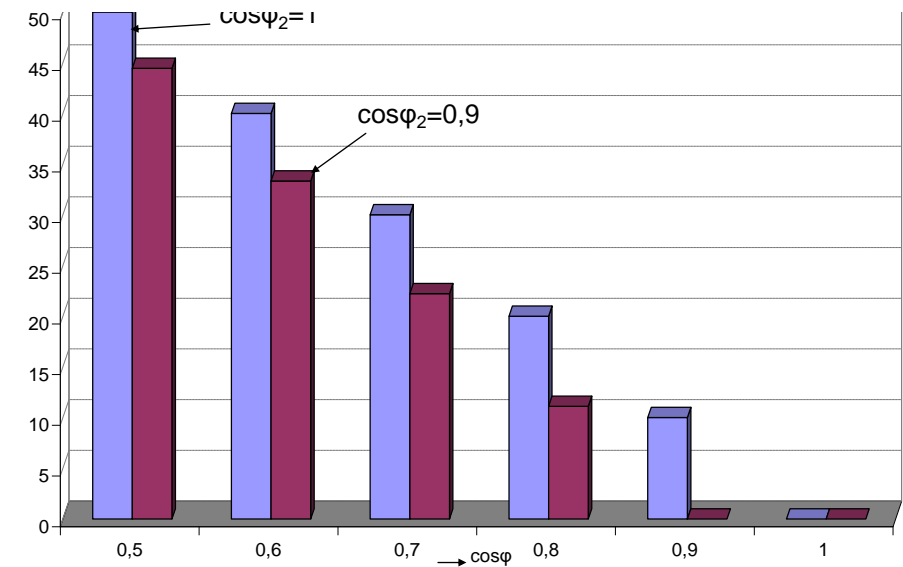
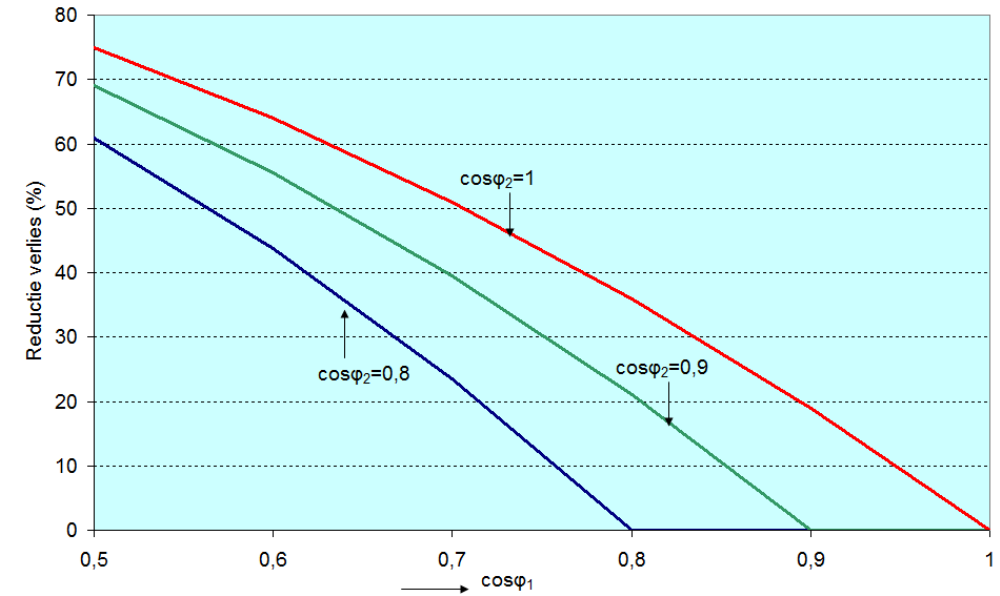
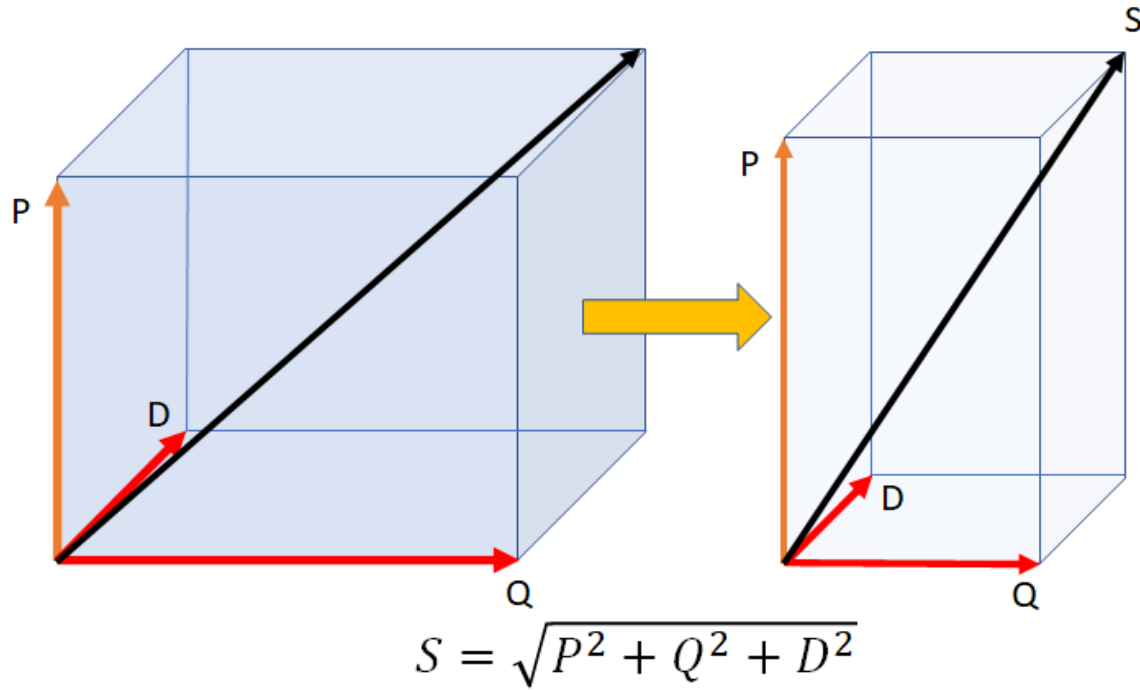
$$S = U \cdot I \cdot \sqrt{3}$$

$$P = U \cdot I \cdot \sqrt{3} \cdot \cos \varphi$$

$$Q = U \cdot I \cdot \sqrt{3} \cdot \sin \varphi$$

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

Blindvermogen (arbeidsfactor)



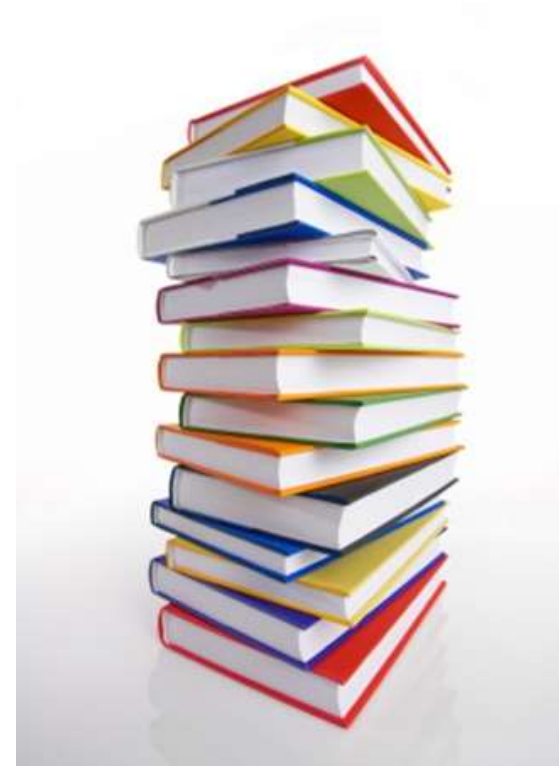
Verbeteren arbeidsfactor

- Toepassen condensatoren
niet altijd mogelijk/wenselijk
- Analyseer eerst aard van blindvermogen!



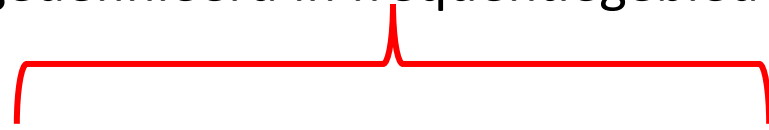
Regulering (Normen en regelgeving)

- Netcode
- Veel geregeld maar niet alles
 - Snelle spanningsvariaties
 - Harmonische stromen op overdrachtspunt
- Nog diverse discussies internationaal over:
 - Spanningsniveau's
 - HS/EHS
 - Harmonische limieten
 - Flagging
 - DC
 -




Supraharmonics

- Vooralsnog gedefinieerd in frequentiegebied van 2,5 kHz-150 kHz!



Harmonics	LF range	Conducted RF range	Conducted RF range	Radiated RF range	Radiated RF range
50Hz - 2/2.5kHz 60Hz - 2.4/3kHz	2/2.5Hz - 9kHz 2.4/3kHz - 9kHz	9kHz - 150kHz	150kHz - 30MHz	30MHz - 1/2/3GHz *	Above 3GHz

 Regulated range

 Unregulated range

 Regulated range for some products

* Upper limit depends on product

Definition of frequency ranges

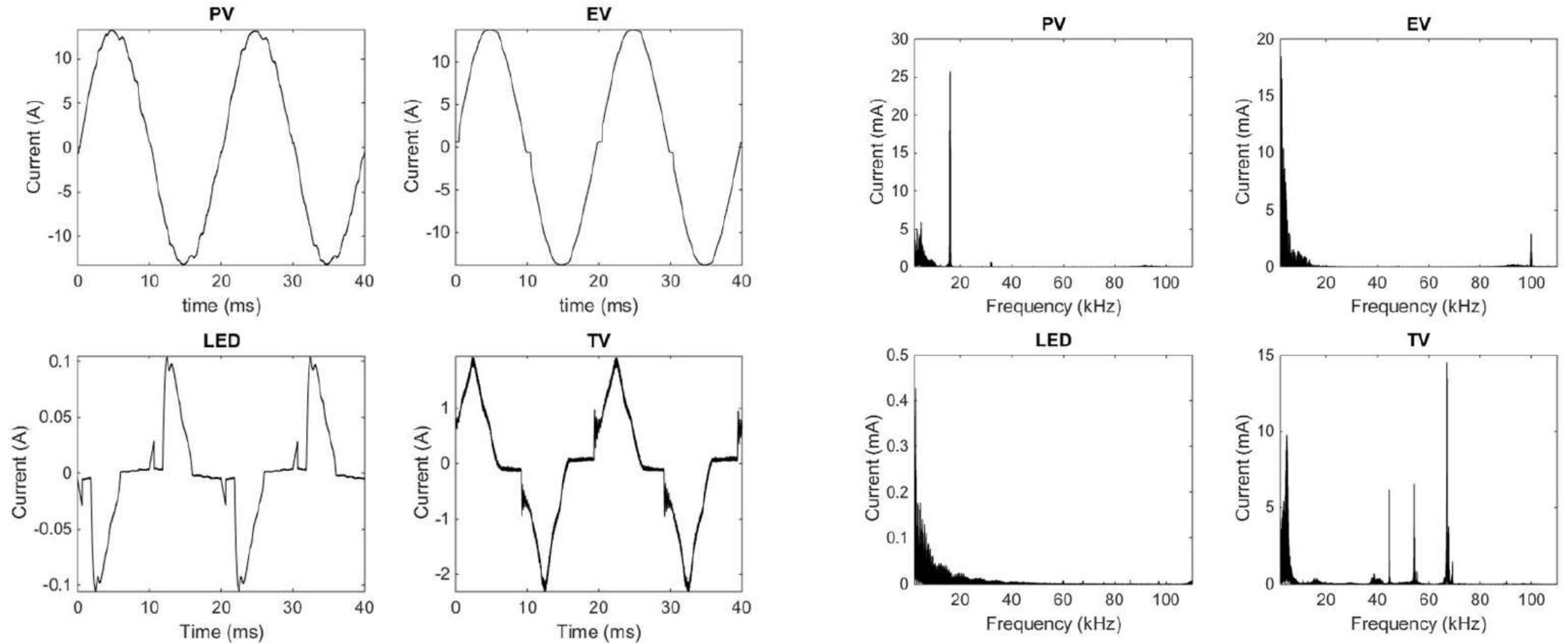
Bronnen van supraharmonics!

Schakelfrequentie van moderne technologie

- Industriële omzetters voor bijv. frequentieregelaars (9 tot 150 kHz)
- Commutatie-verschijnselen (tot 10 kHz)
- Lampen (tot 20 kHz)
- EV-laadinrichtingen (15 kHz tot 100 kHz)
- PV inverters (4 kHz tot 20 kHz)
- Huishoudelijke toestellen (2 tot 150 kHz)
- Power line communicatie (9 tot 95 kHz)
- Frequentieregelaars
- Versnellers?
- Andere medische apparatuur?

Voorbeelden van supraharmonics

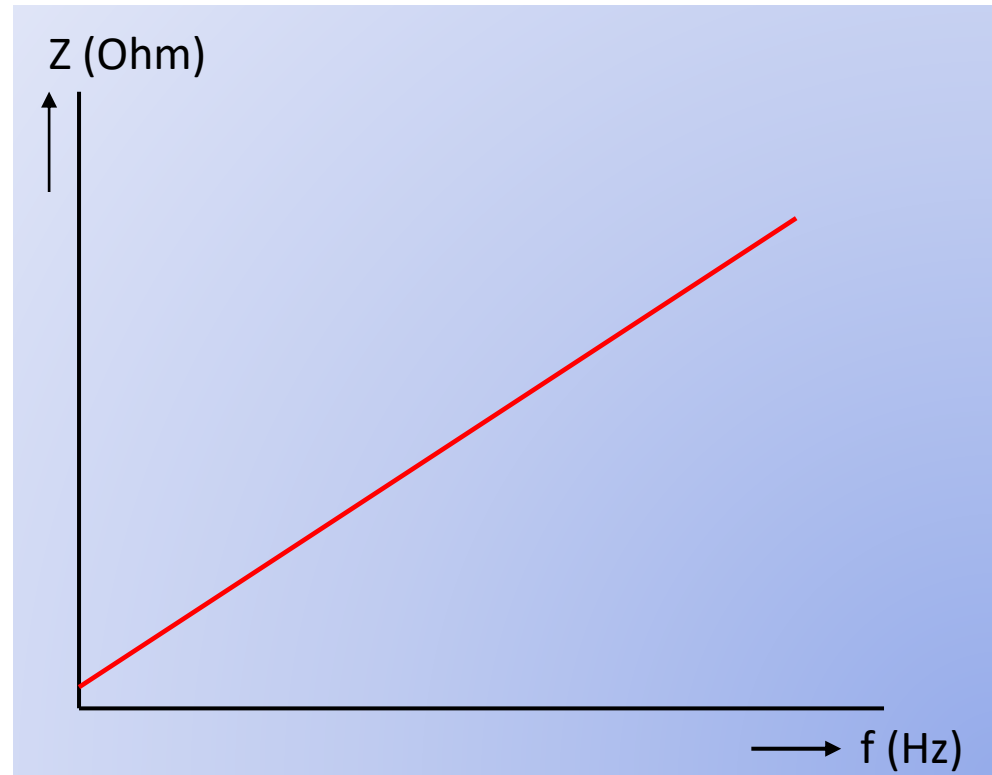
- PV-systeem, EV, LED en TV



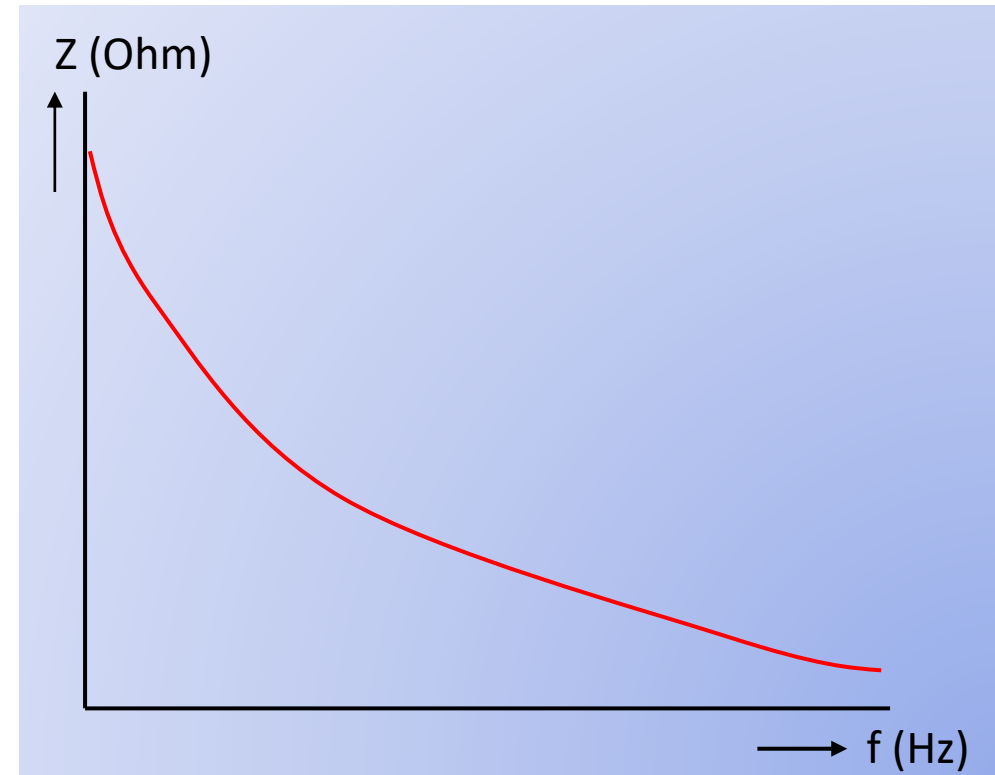
Propagatie van supraharmonics

- Hoge frequentie, dus invloed van L en C zijn groot!

Inductiviteit L

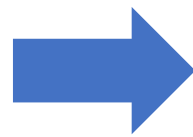
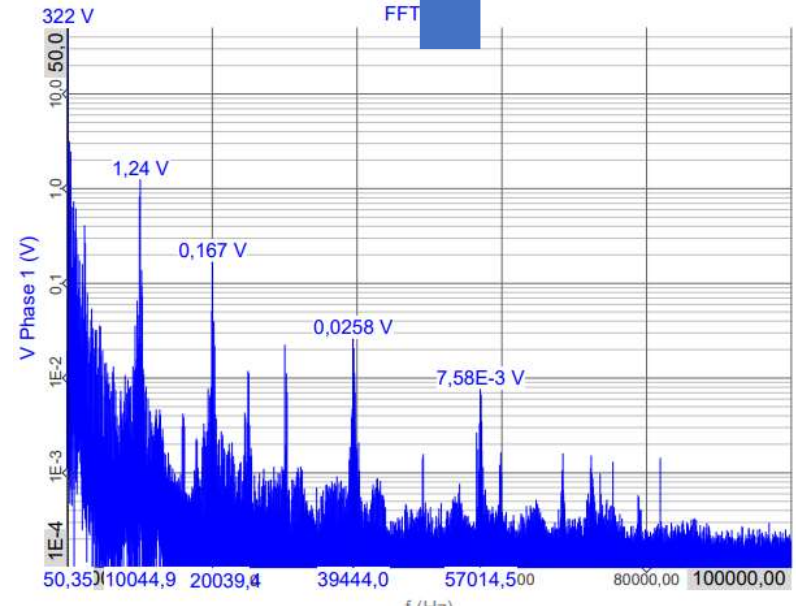
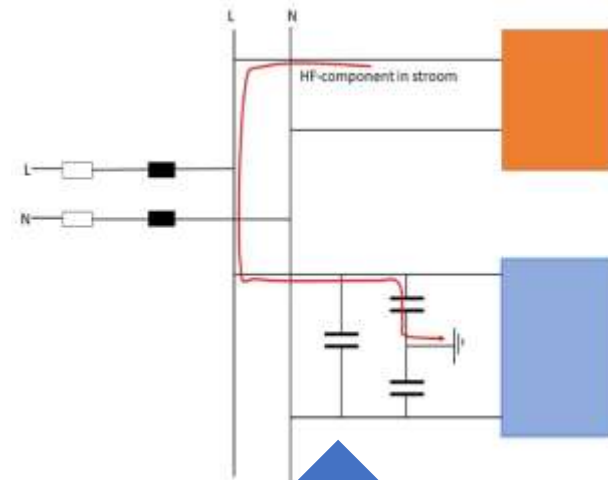
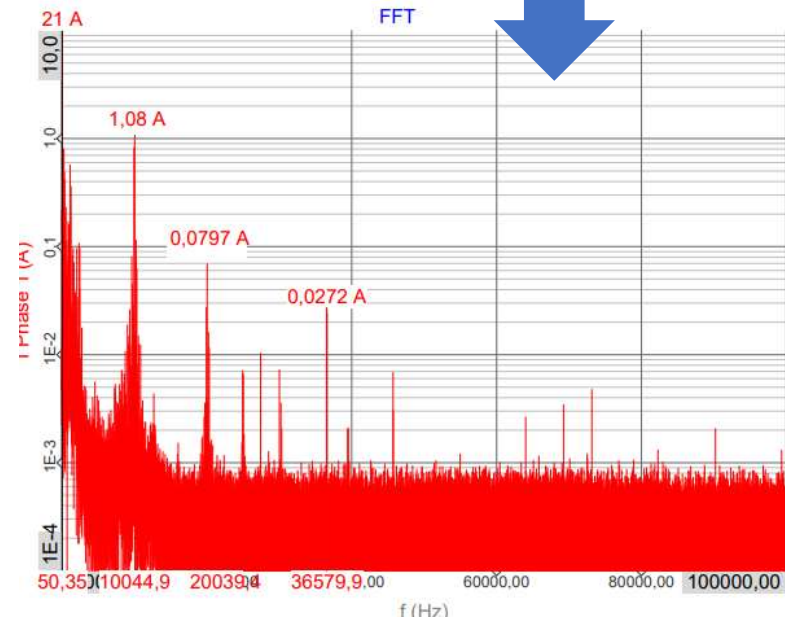
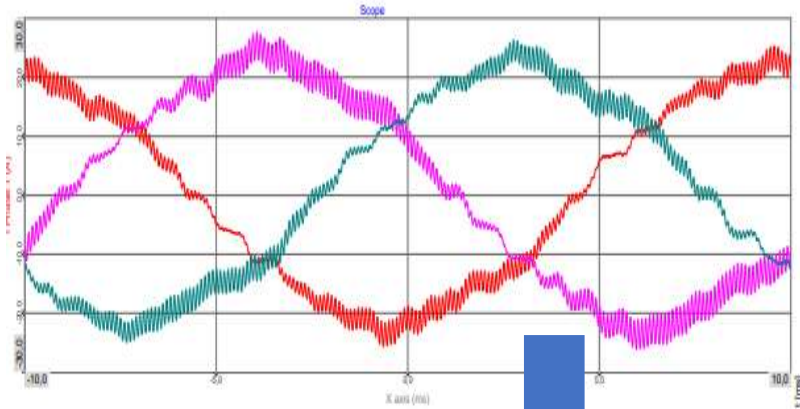


Capaciteit C



Propagatie van supraharmonics

- Van stroom naar spanning en van spanning naar stroom!



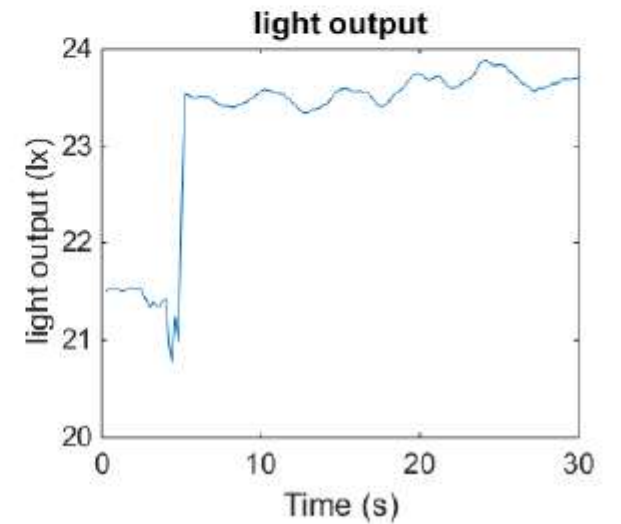
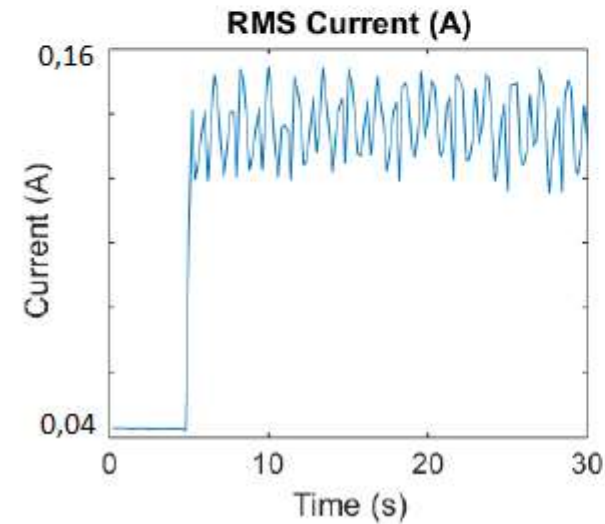
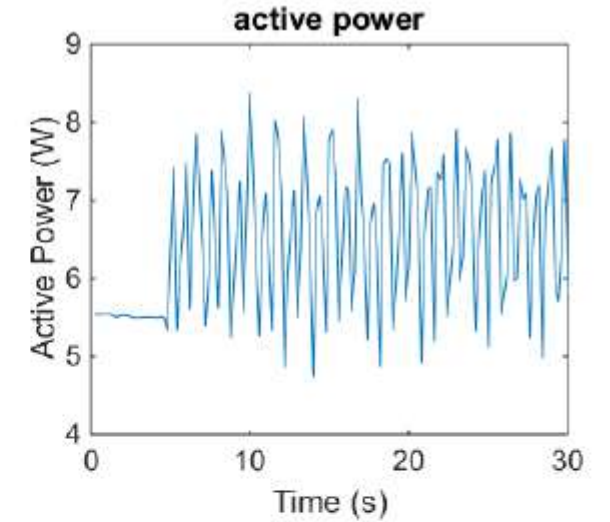
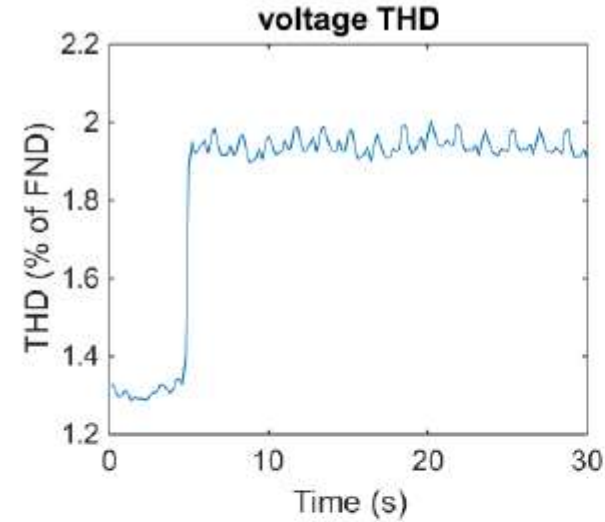
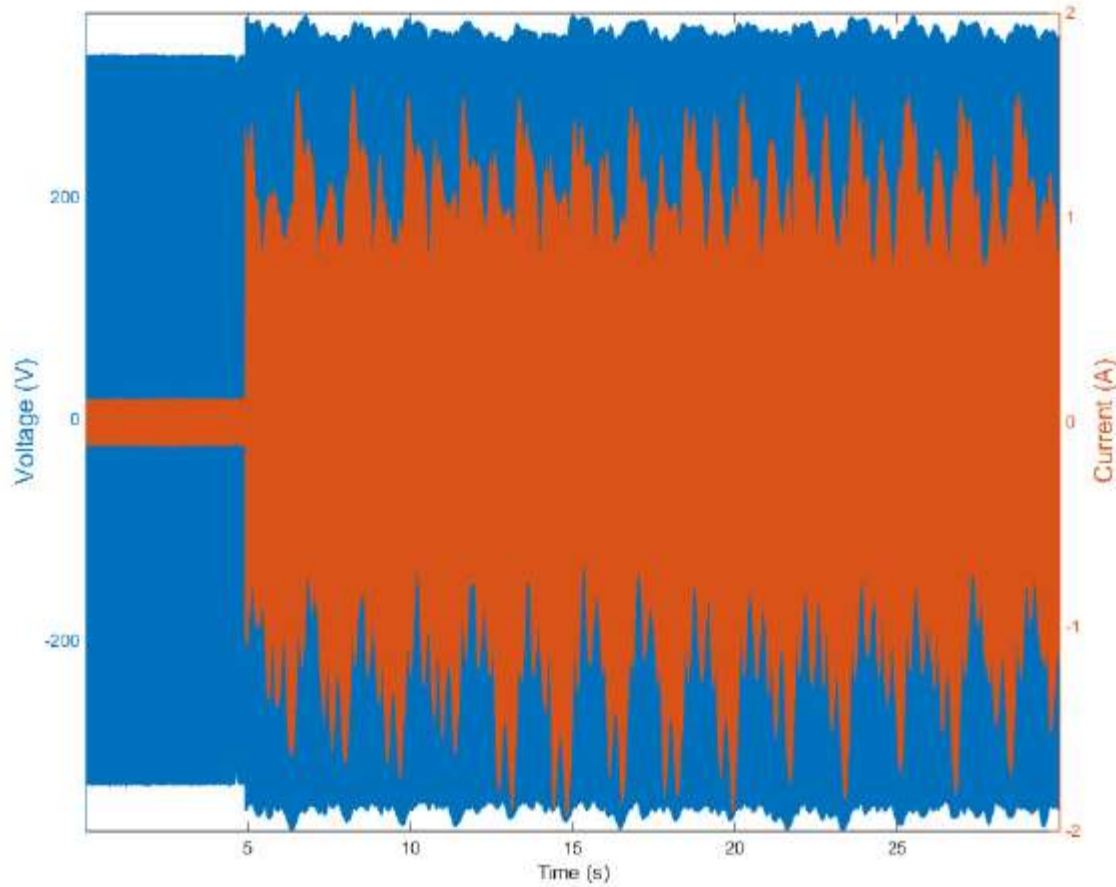
Problemen met supraharmonics

Disfunctioneren (storingen) en verkorten levensduur

- 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

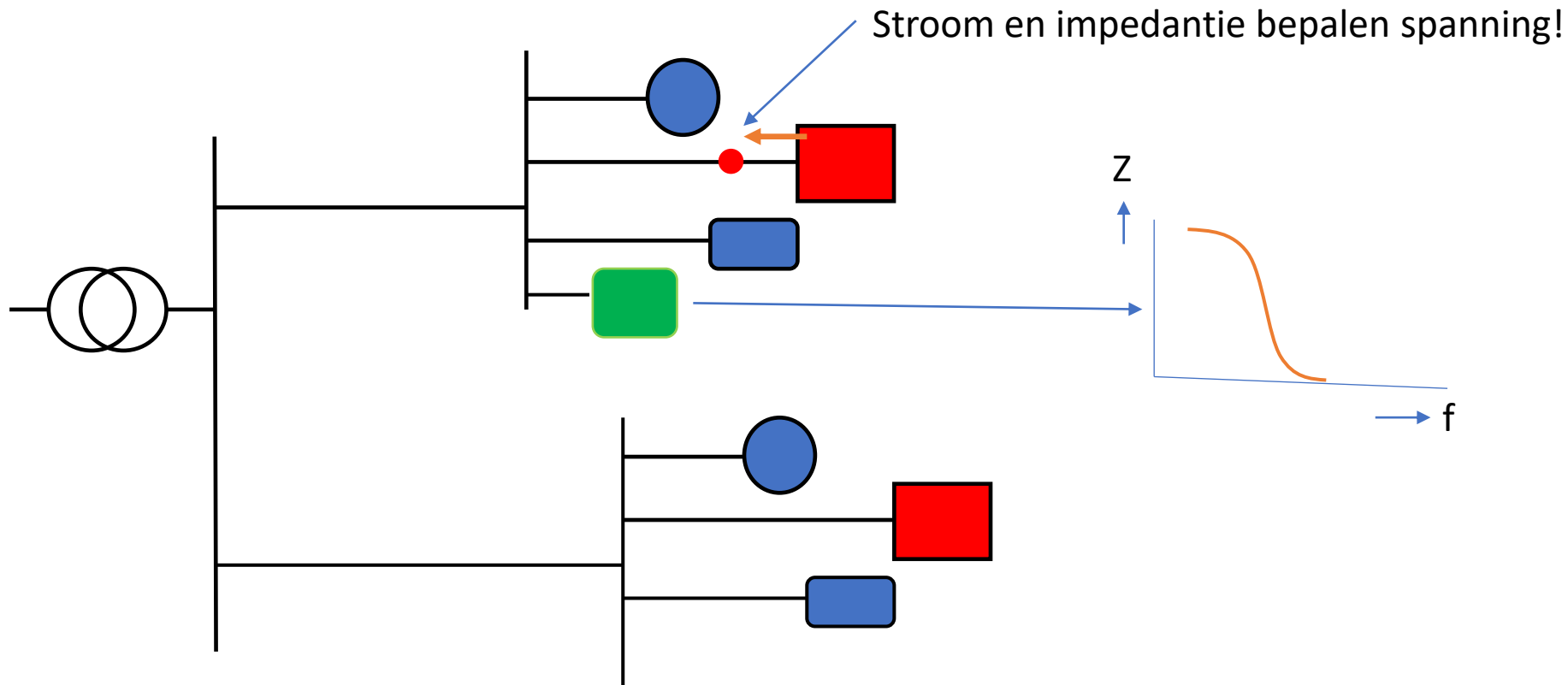
Spanning en stroom 6W-lamp

Bij spanning met vervorming van testsignaal 2



Oplossingen voor supraharmonics

- Aanpassen systeemimpedantie
- Toepassen zuigfilter voor harmonische stoorbron

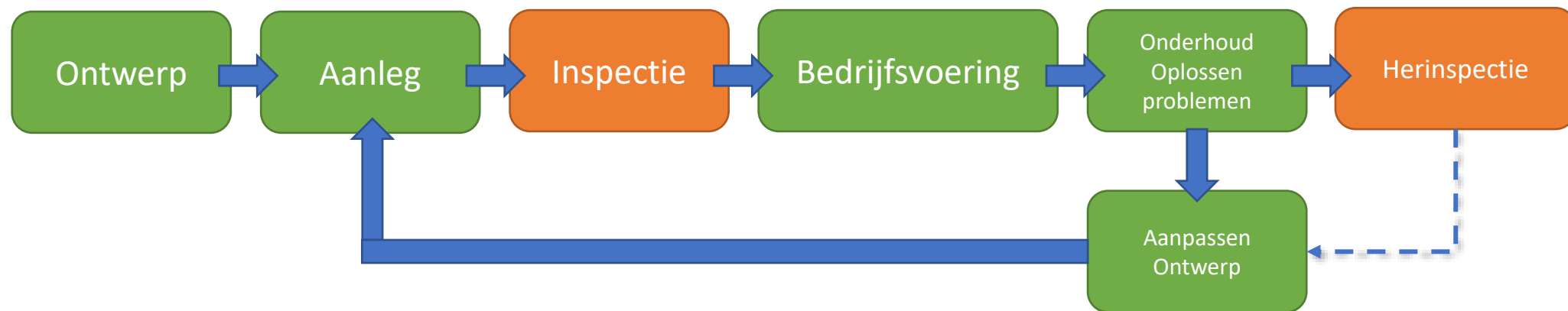


Proces van ontwerp tot en met instandhouding

Netcode
NEN 1010
Machinerichtlijn
.....

NEN 1010 NEN 3140

NEN 3140

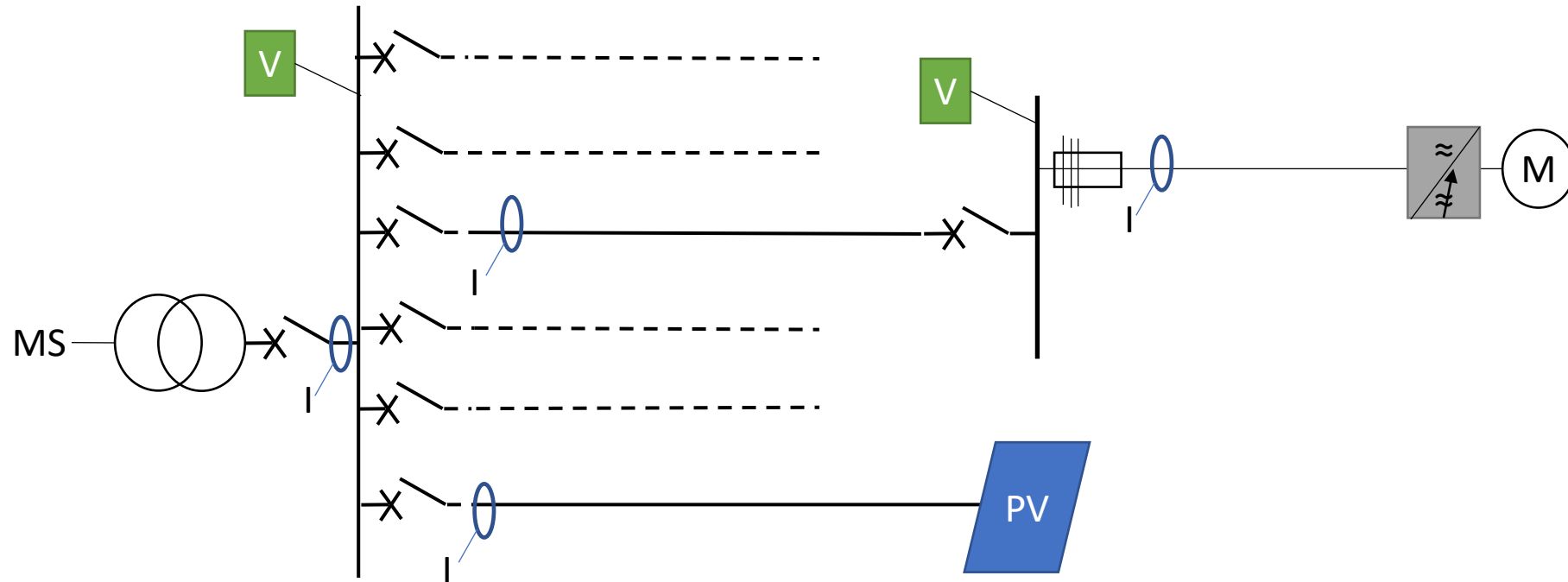


Wat is nodig voor beheersing van de situatie?

- Een goed ontwerp
- Goed aangelegd
- Goede oplevering
- Duidelijke verantwoordelijkheden
- Duidelijke bevoegdheden
- Voldoende middelen
- Voldoende deskundigheid
- Voldoende informatie
-



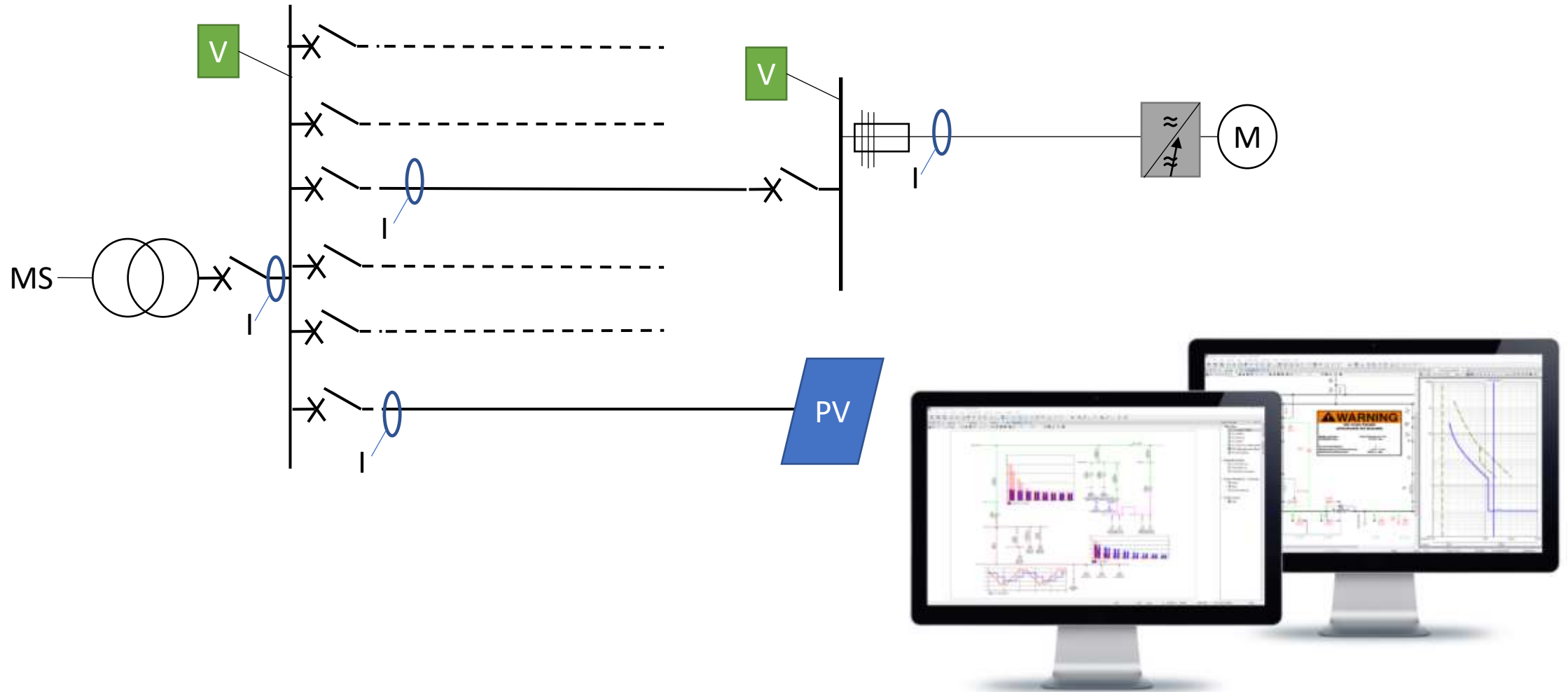
Wat is nodig voor een goed ontwerp



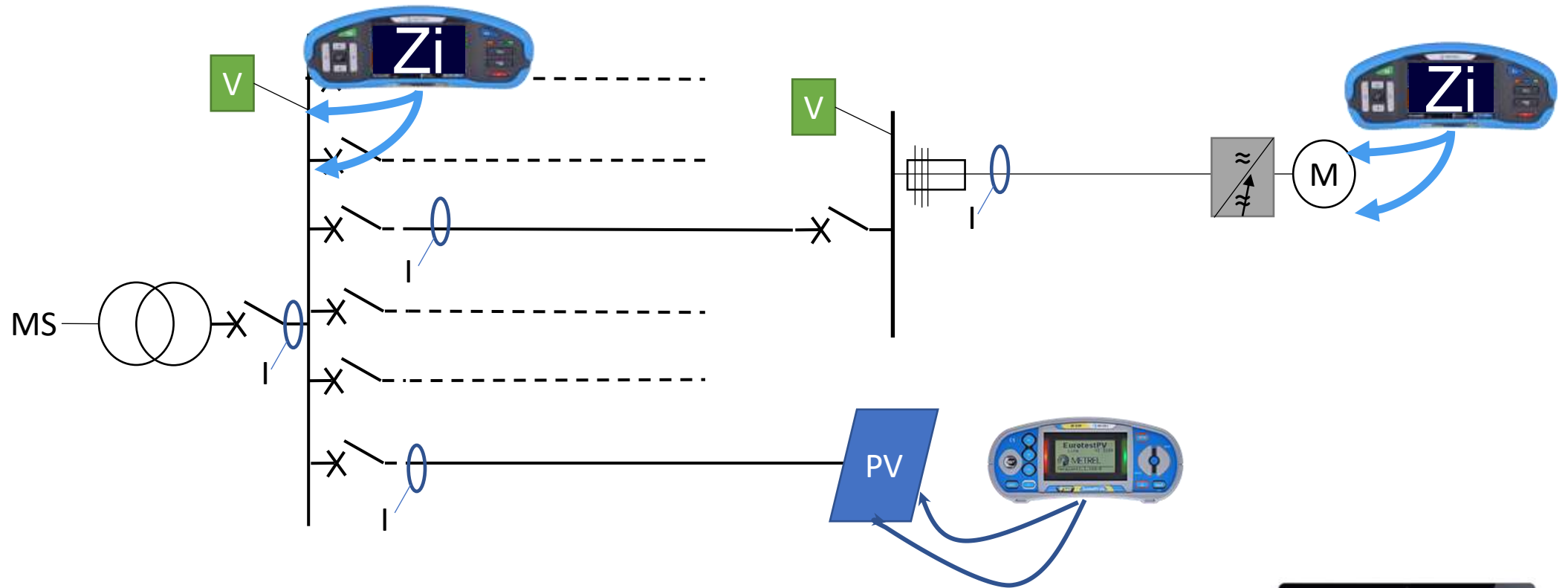
- Maximale belasting
- Kortsluitvastheid verdeelinrichting(en)
- Kortsluitvastheid automaten
- Aardfoutbeveiliging
- Overstroom beveiliging leidingen

- Maximale spanningsvariaties
- Spanning in installaties
- Harmonische stromen en spanningen
- Kwaliteit van de spanning
-

Simulaties: een goede start!



De inspectie bij oplevering



meetresultaten

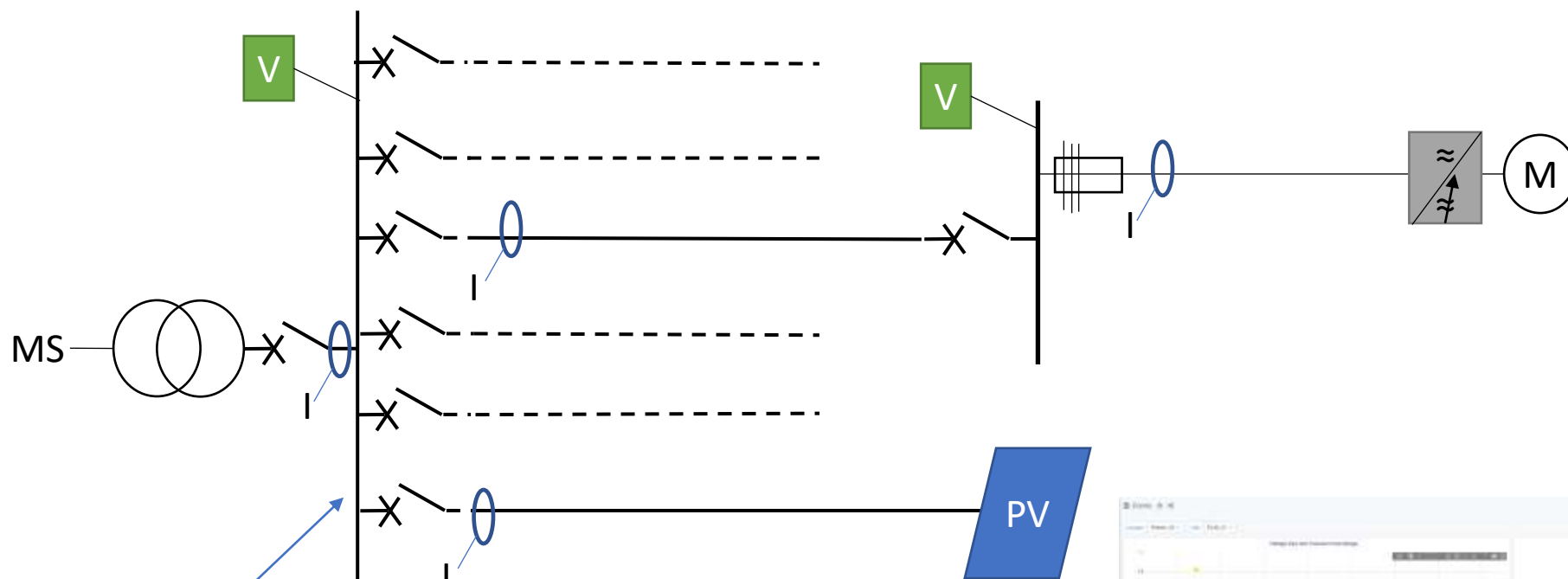


Simulatiepakket

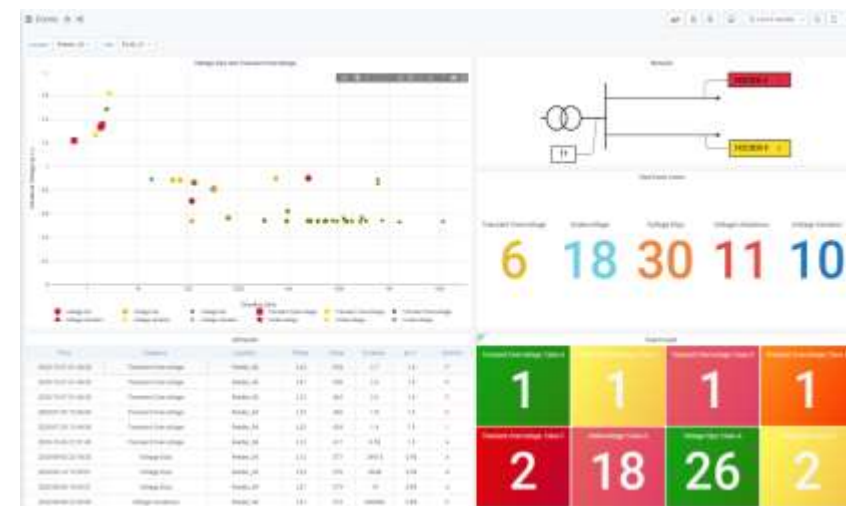


De bedrijfsvoering

Welke informatie is nodig?



Arc flash berekeningen



Procesbeheersing



De IEC 60364-8-1 (NEN 1010-8-1) als referentie

Aspecten classificatie

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



Verliezen in een installatie

IJzerverliezen
Koperverliezen

0,5-3 % P_{nom}



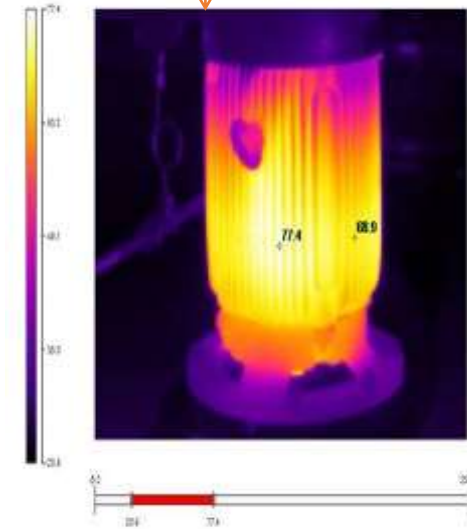
$3 \cdot I^2 \cdot R$

1 – 3% P_w



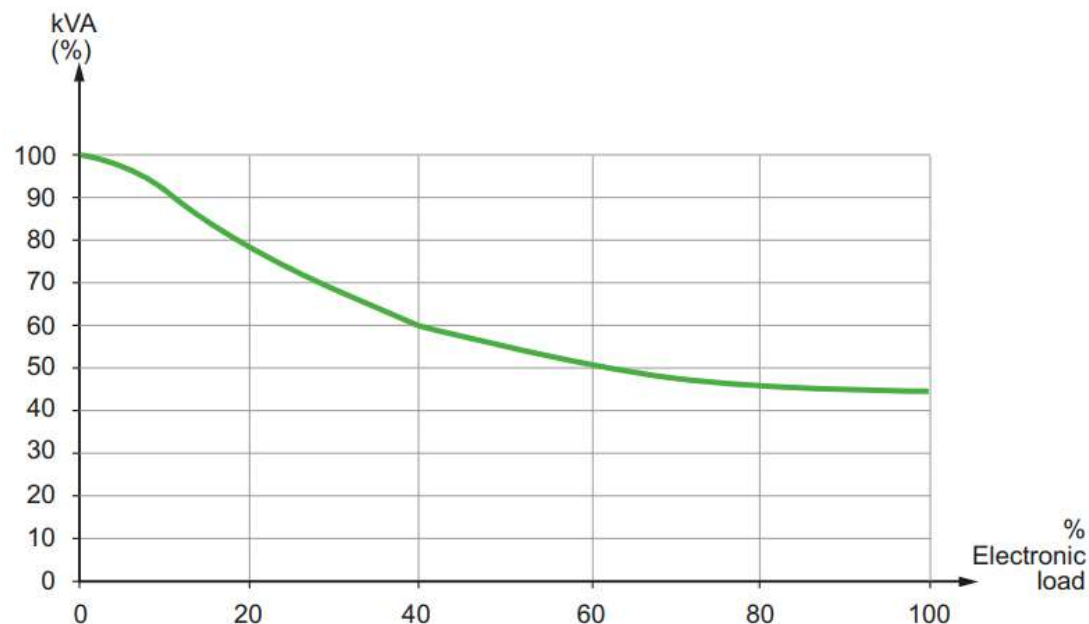
$3 \cdot I^2 \cdot R$
Inefficiënt bedrijf

1 – 60 % P_w

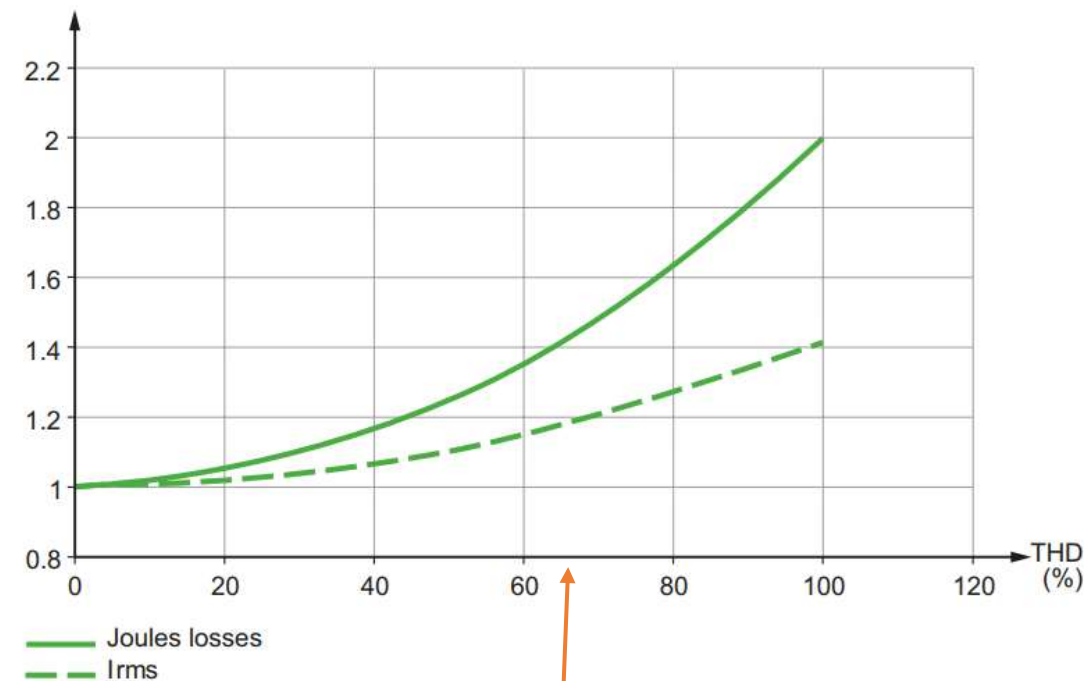


Harmonische stromen

Verliezen in energie en capaciteit

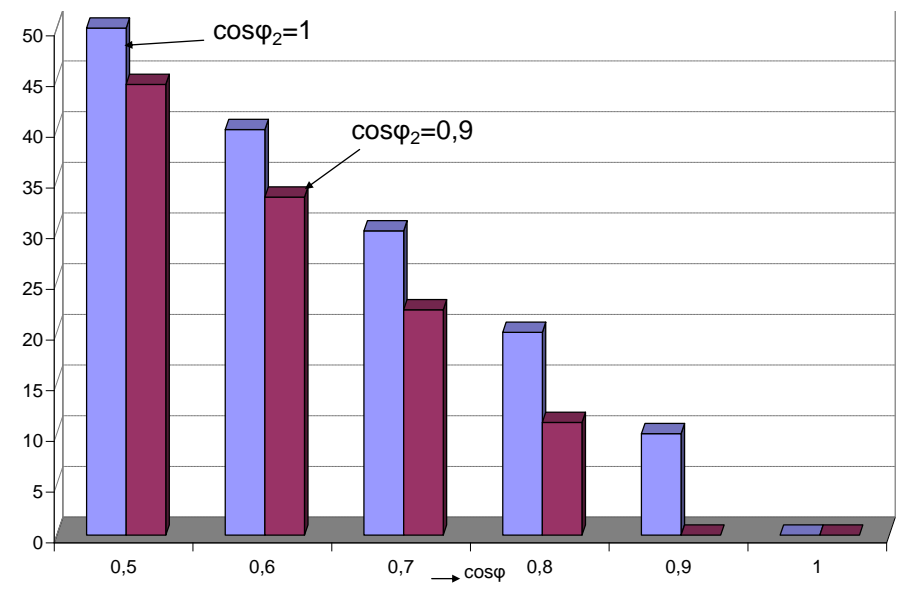
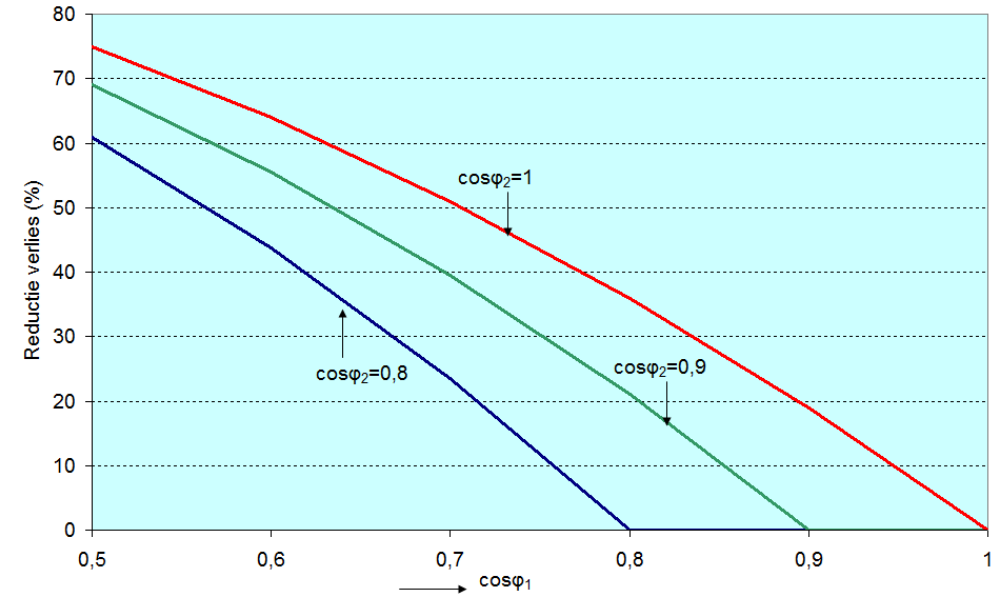
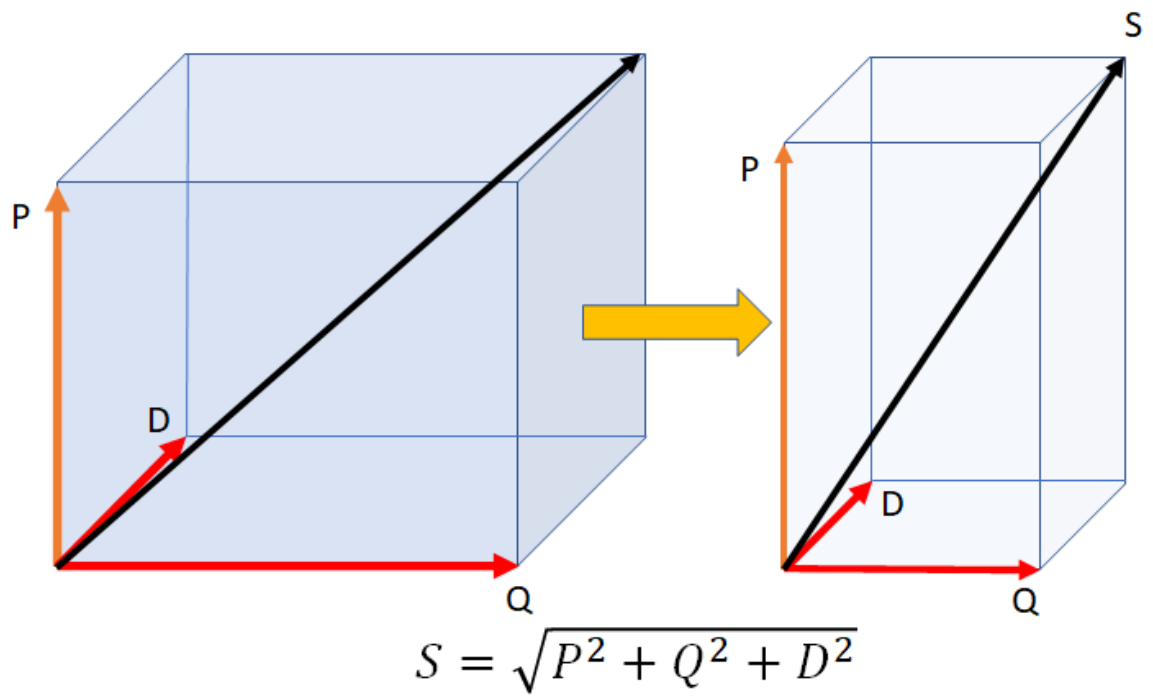


Verlies in capaciteit van o.a. transformator



Extra verliezen in leidingen en overige componenten

Blindvermogen (arbeidsfactor)



Arbeidsfactor

- PF moet boven 0,85 zijn
- Lage arbeidsfactor geeft extra verlies
- Lage arbeidsfactor verlaagt capaciteit installatie

Value of the power factor	Points for Industrial building	Points for commercial building	Points for Infrastructure
< 0,85 or no measurement	0	0	0
$\geq 0,85$ and $< 0,90$	1	1	1
$\geq 0,90$ and $< 0,93$	2	2	2
$\geq 0,93$ and $< 0,95$	4	3	4
$> 0,95$	6	4	6

Proces van ontwerp tot en met instandhouding



NEN 1010
Machinerichtlijn

.....



NEN 1010

NEN 3140

NEN 3140

