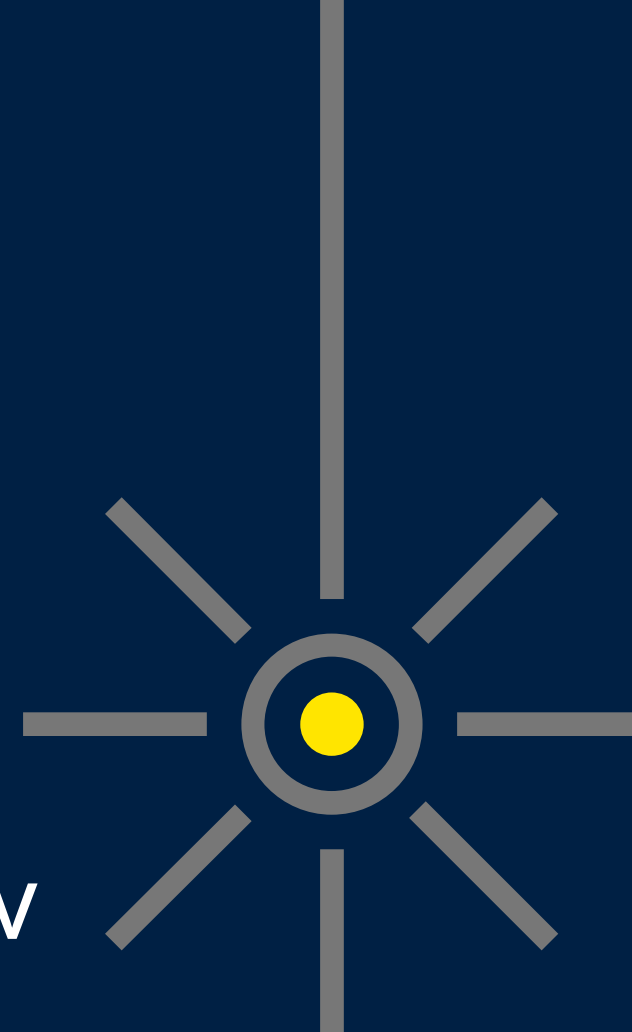


# SPÆNDINGS KVALITET

Nogle tanker om spændings-  
kvalitet fra netforsyningsperspektiv



PQ Møde 2020, 25. august

Niels Andersen

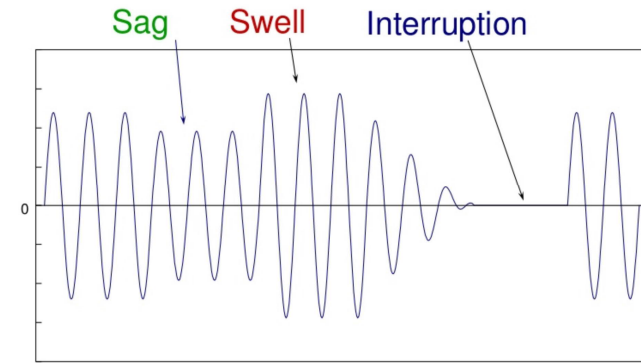
# Indledning

- Mange forbrugsting er styret med mikro processorer og kan være mere følsom til spændingsvariationer end tidligere udrustning
- Mange forbrugsting styres med inverterer som støjer med henblik på laverer tab.
- Kunder har højere fokus på spændingskvalitet og monitorerer selv deres egen spændingskvalitet
- Afhængigheder i det sammenbundne el-net med strøm 100% af tiden er en forudsætning i et moderne samfund.
- Målinger fra nettet vokser kraftigt

IEC 61000 serie: Spændingskvalitet er evnen til at fungerer tilfredsstillende i et elektromagnetisk omgivelser uden at introducerer uacceptable forstyrrelser.

- 1 General
- 2 Omgivelser
- 3 Grænser
- 4 Testning og målteknikker
- 5 Installations og fjernelse af harmoniske
- 6 Produkt standard Generiske

# Hvad er spændingskvalitet



- Kortvarigt (mindre end  $\frac{1}{2}$  sekund)
  - Afbrud (mindre end 0.1 pu typisk nogle sekunder- 1 minut)
  - Spændingsdyk (Sag er mellem 0.1-0.9 pu) 10ms-1 minut
  - Overspænding (Swell 1.1-1.8 pu)
  - Transient (impuls, oscillere)
  - spændingsændringer
- Længerevarende (måles typisk over 10 minutter)
  - Flicker (hurtigt ændringer der giver spændingsvariationer)
  - Harmoniske overtoner
  - Interharmoniske overtonespænding
  - Spændings fluktuationer
  - Spændings asymmetri
  - Notching
  - DC offset
  - Frekvens ændringer

Kortslutning kan resultere i at spændingen dykker eller forsvinder helt

Lyn kan forårsage høje spændinger der ødelækker udrustning samt evt fører til kortslutninger

Indkobling af store maskiner kan resulterer i spændings dyk  
 El-selskaber leverer en spændingen som påvirkes af forbrugernes strøm, fra deres forbrug.

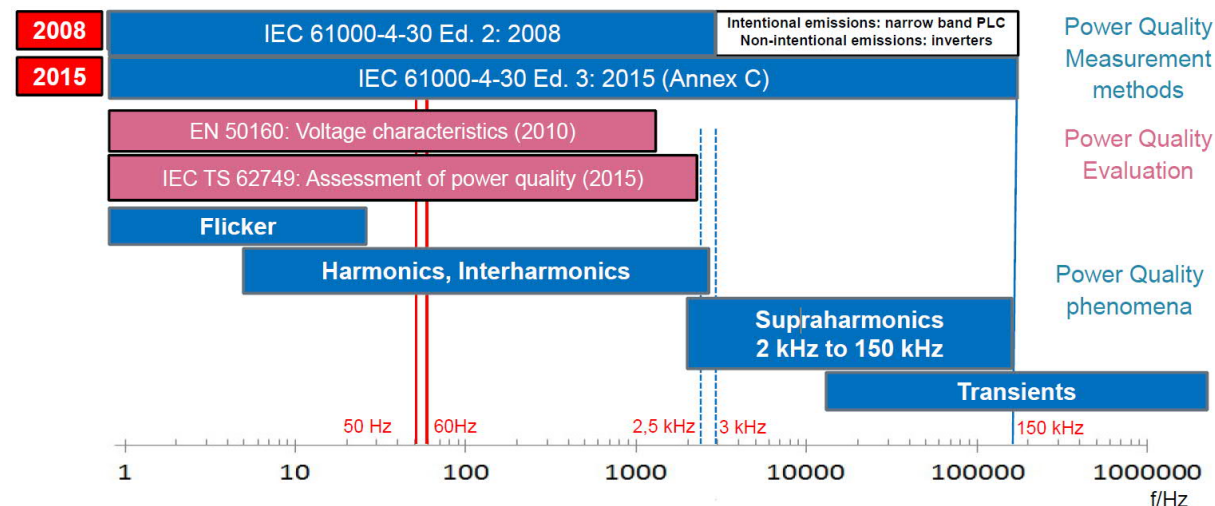
# Hvor findes krav

- Forbrugere (efter DCC)
  - Tekniske betingelser for nettilslutning af forbrugsinstallationer til lavspændingsnettet ( $\leq 1$  kV)
  - Tekniske betingelser for nettilslutning af forbrugsanlæg til mellem- og højspændingsnettet ( $> 1$  kV)
- Producenter (efter RFG)
  - Tekniske betingelser for nettilslutning af produktionsanlæg til lavspændingsnettet ( $\leq 1$  kV)
  - Tekniske betingelser for nettilslutning af produktions-anlæg til mellem- og højspændingsnettet ( $> 1$  kV)

- \*.6.1.3 Hurtige Spændingsændring 4% MV, 3% HV
- \*.6.1.4 FLICKER Pst 0.3. Plt 0.2
- \*.6.1.5 Harmoniske overtoner
- \*.6.1.6 Inter Harmoniske overtoner
- \*.6.1.7 Forstyrrelser 2-9kHz
- \*.6.1.2 EN Spændingsubalance 2%

## PQ phenomena in frequency domain

**SIEMENS**  
Ingenuity for Life



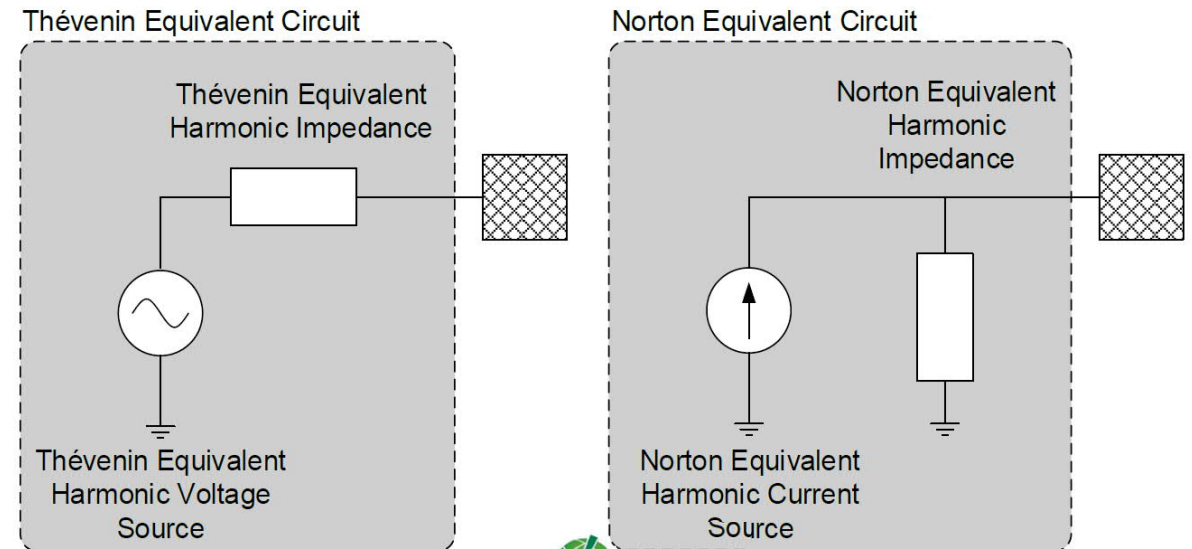
Unrestricted © Siemens 2019  
Page 11 2019-11-28

Dr. Schwenke

# Beregning spændingskvalitet

- Hvordan angives de harmonisk kilde
  - Variation i impedanser ved parallelle 6 puls grupper
  - Findes en kilde eller en pr 3-6 puls
  - Harmoniske er givet ved ren sinus.

- Norton Thevenin equivalent



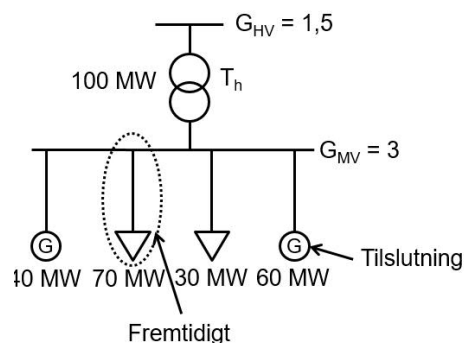
TB 766 - Network modelling for harmonic studies

# Samarbejde med Energinet spændingskvalitet

## – Modeller

- VAS-EL
- Planlægningsværdier
- Harmonisk emission
- Detaljeret impedans model

## Eksempel på fordeling med 11. harmoniske

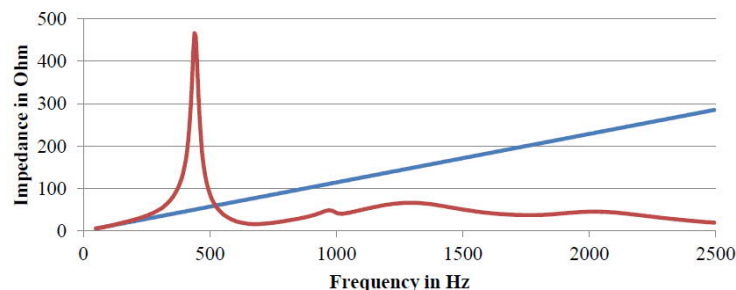


$$G_{grænse} = \sqrt{3^2 - (1 \cdot 1,5^2)} \quad G_h = \sqrt[\alpha]{L_{MV_h}^\alpha - (T_{HV-MV_h} \cdot L_{HV_h}^\alpha)}$$

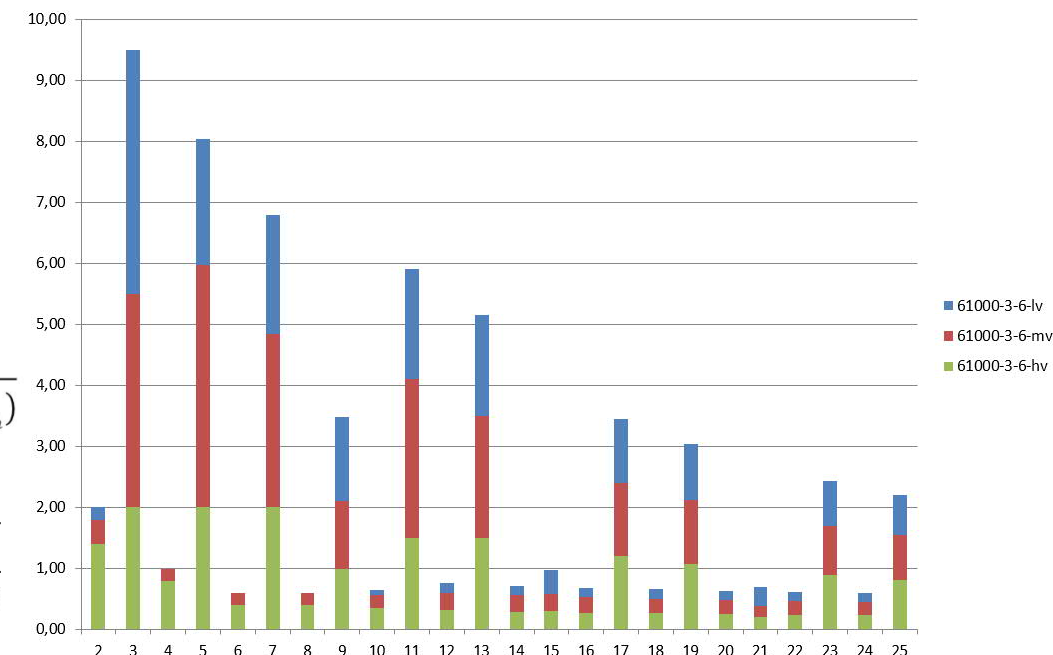
$$G_{grænse} = 2,598$$

$$E_{U_{11}} = 2,598 \cdot \sqrt{\frac{60}{40 + 70 + 30 + 60}} \quad E_{U_h} = G_h \cdot \sqrt[\alpha]{\frac{S_i}{S_{last} + S_{prod}}}$$

$$E_n = 1.423$$



## Planlægningsgrænser



$$|Z_{net,h}| = \sqrt{R_{50}^2 + (h \cdot X_{50})^2}$$

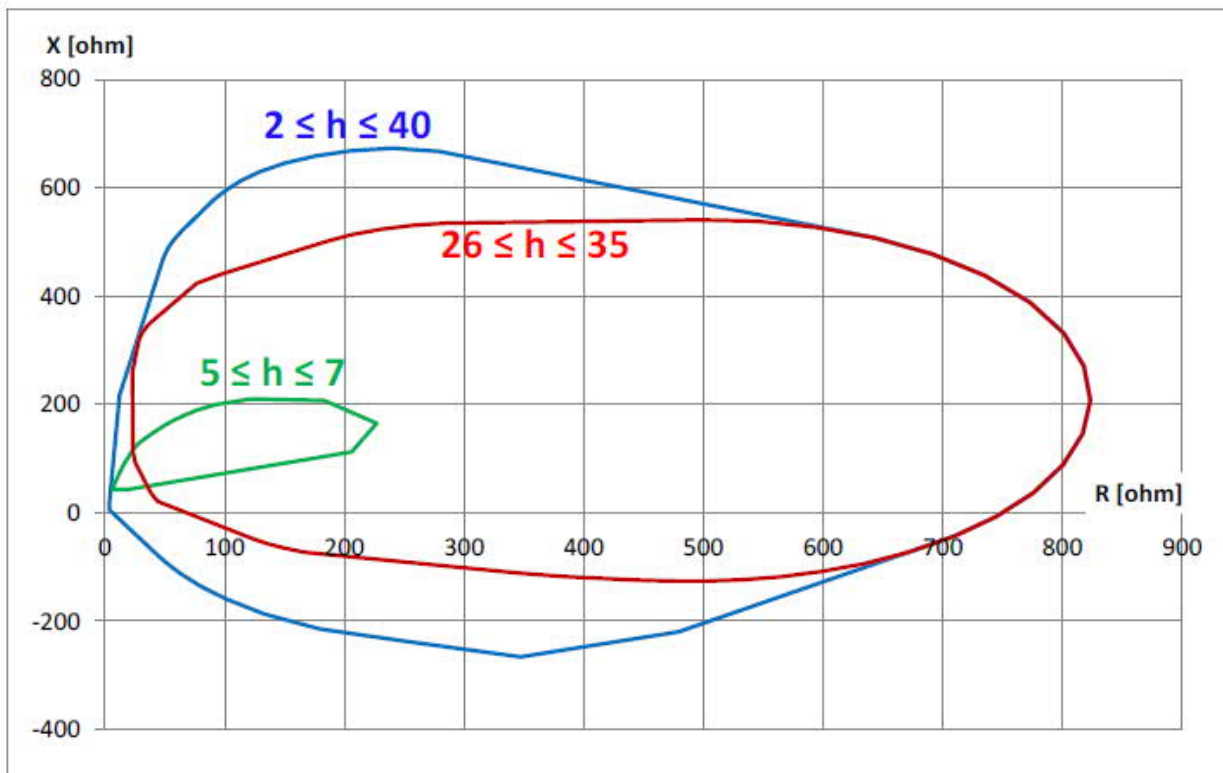


# Samarbejde med Energinet spændingskvalitet

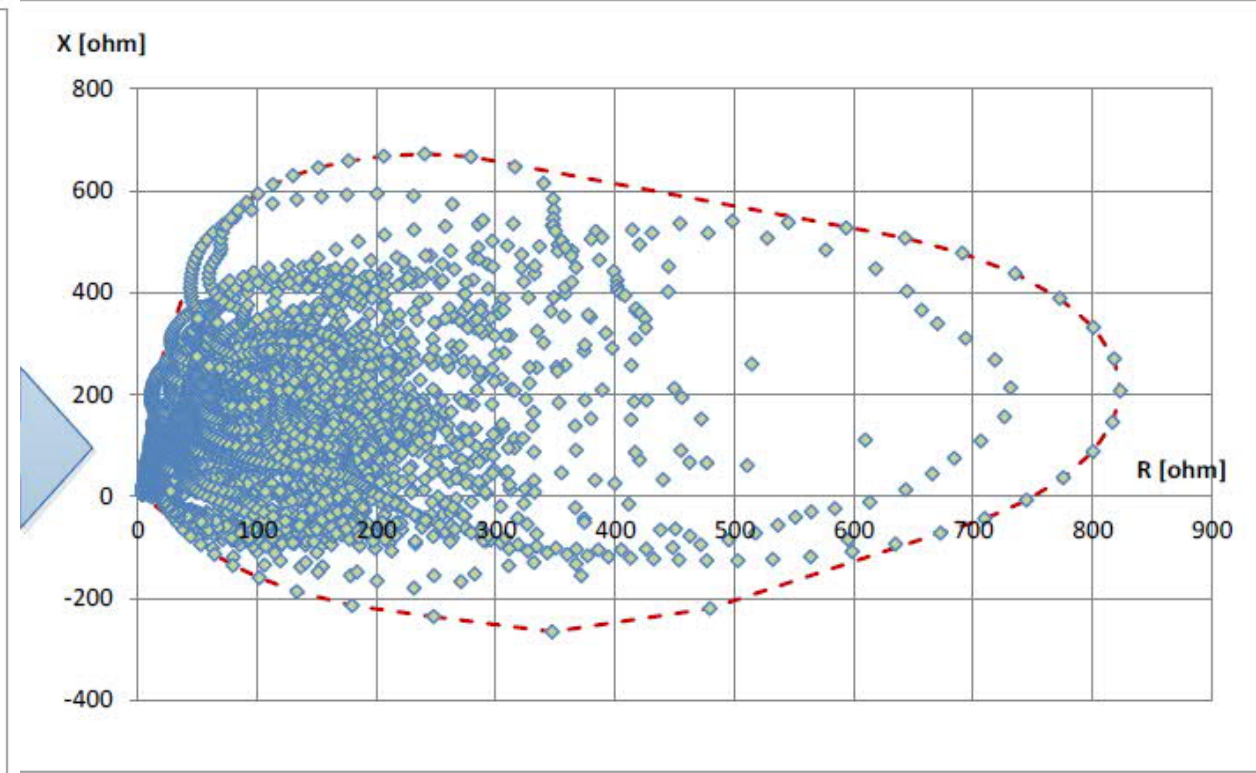
- Modeller
  - VAS-EL Planlægningsværdier
  - Harmonisk emission og Detaljeret impedans model



TB 766 - Network modelling for harmonic studies



(g) Harmonic impedance envelopes

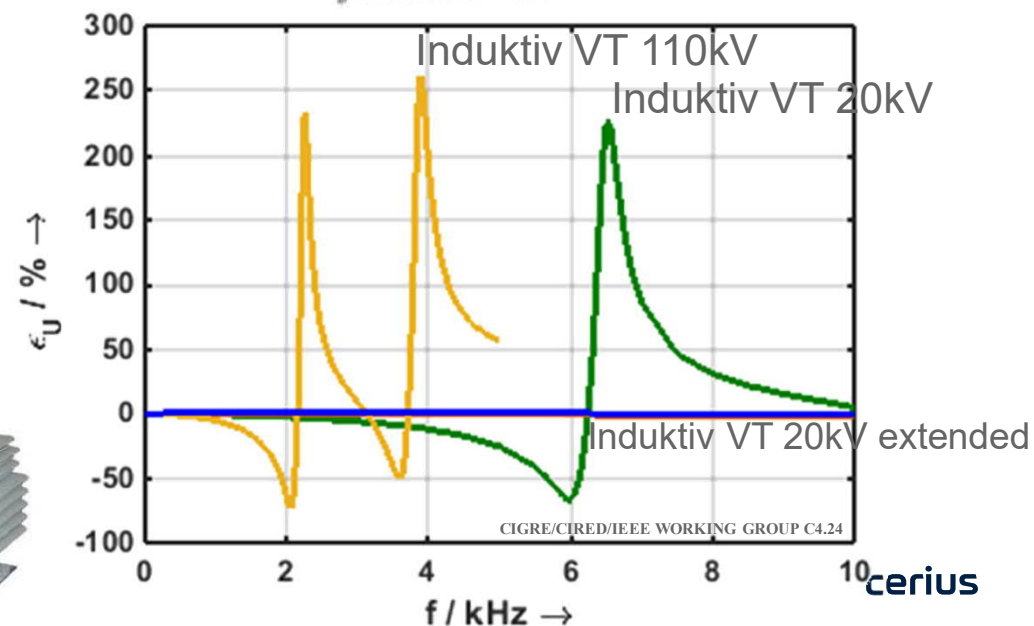
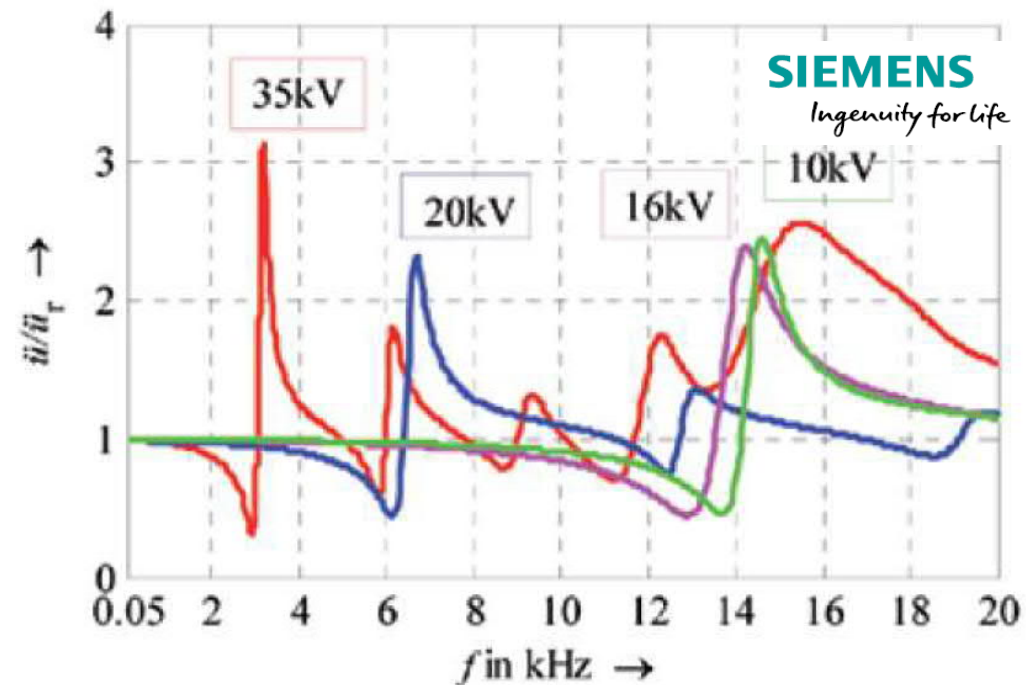


(d) Harmonic impedance loci from 2<sup>nd</sup> to 40<sup>th</sup> harmonic orders  
cerius



# Spændingskvalitets målinger

- Der er mange instrumenter til at måle på 0,4kV
- For at måle på 10kV og op er der behov for både en måletransformer samt et spændingskvalitet apparat
- Det er vigtigt at vælge den rette transformer til ikke bare spændingsniveau, men også ønsket frekvens
- Højere frekvenser og spændinger er besværlige
- Højere frekvenser og strømme gøres med Rogowski
- Da vi ikke kan måle højere frekvenser "har vi 'måske' ingen problemer"
- Stationer skal være forberedt for måling af højere frekvenser
- Nøjagtigheden af VT 50 Hz er defineret i standarder, medens information om der opførelse ved højre frekvenser som regel ikke er tilgængelige
- Det gør målingen dyrer !





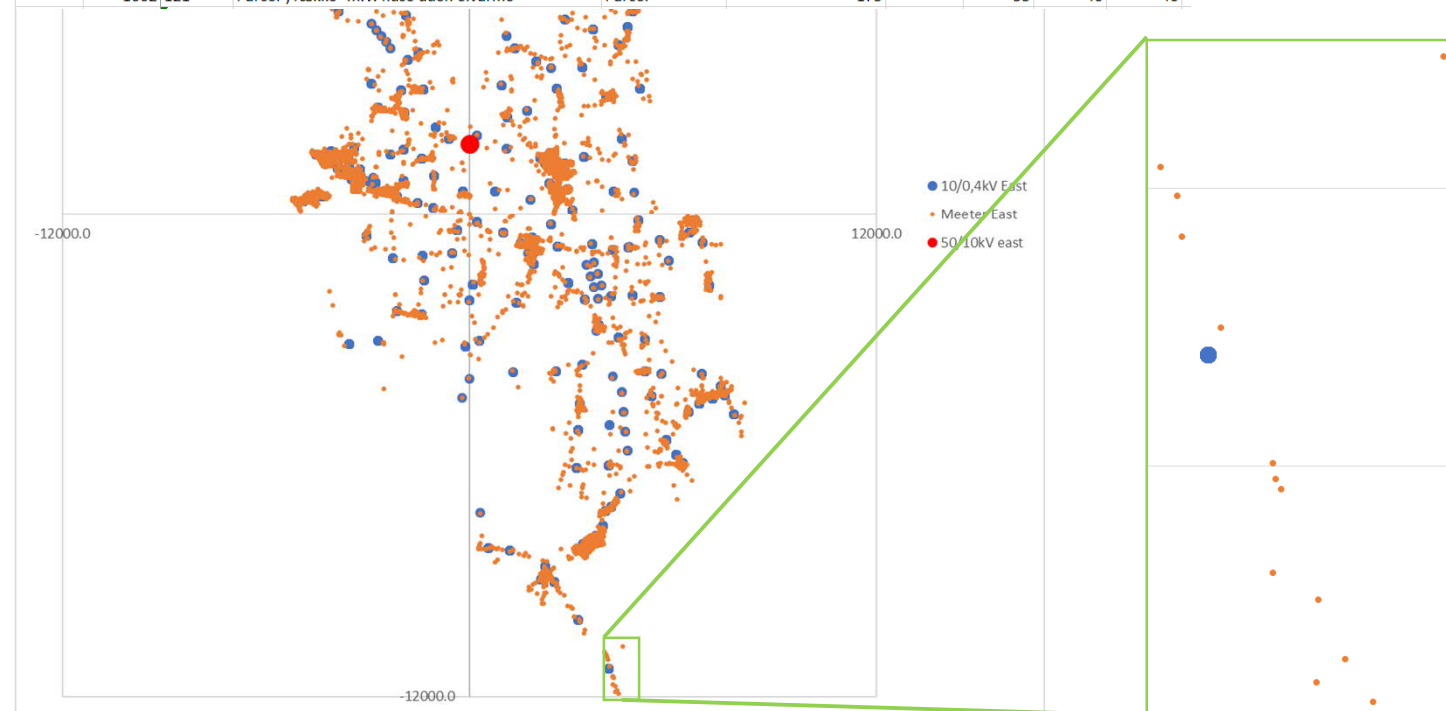
# Spændingskvalitets måling hos kunder af dem selv

- Det er ikke altid at kunden har den store faglige viden på området, specielt når det kommer til tolkning af målinger, hvordan resultater skal bedømmes og hvordan konkrete problemer løses
- Vi skal dog forberede os, så vi kan diskutere spændingskvalitet og løsninger.
- Er det vores eller kundens problem. Skal vi kunne give svar på?
- Konsekvens: Vi har påbegyndt at sætte PQ målere op hos vores A kunder samt ved solcelleparker

# Måling spænding via AMR

– Nogle udvalgt målinger for spænding. Ca. 4300 målere

10/0.4kV	Meeter	Def code	Def code description	Installation type	Voltage failures 2018	Jan 2018	Feb 2018	Mar 2018	
10061	1648	211	Landbrug uden elvarme	Landbrug					
	1649			Ukendt installatic					
	1650	121	Parcel-, række- m.v. huse uden elvarme	Parcel					
	1651	121	Parcel-, række- m.v. huse uden elvarme	Parcel					
	1652	212	Landbrug med elvarme	Landbrug					
	1653	121	Parcel-, række- m.v. huse uden elvarme	Parcel					
	1654	211	Landbrug uden elvarme	Landbrug					
	1655	121	Parcel-, række- m.v. huse uden elvarme	Parcel					
	1656	121	Parcel-, række- m.v. huse uden elvarme	Parcel					
	1657	121	Parcel-, række- m.v. huse uden elvarme	Parcel					
	1658	212	Landbrug med elvarme	Landbrug					
	1659	211	Landbrug uden elvarme	Landbrug	14	3	6	2	
	1660	212	Landbrug med elvarme	Landbrug	5		5		
	1661	122	Parcel, række- m.v. huse med elvarme	Solcelleanlæg	8	1	5		
	1662	121	Parcel-, række- m.v. huse uden elvarme	Parcel	175	55	40	46	



Customer	Date	Hour	Outside normal #	Duration / S	Min Volt	Maks Volt
1662	03-01-2018	17:00	1	513	197	197
		20:00	3	344	201	206
	06-01-2018	12:00	1	263	205	205
		15:00	1	270	200	200
		17:00	2	624	194	195
		18:00	1	224	199	199
	07-01-2018	14:00	1	417	198	198
		17:00	3	694	194	206
		18:00	2	523	194	196
		20:00	1	276	204	204
		21:00	1	271	203	203
	08-01-2018	18:00	1	359	197	197
		20:00	1	285	200	200
	10-01-2018	14:00	1	409	197	197
		17:00	3	330	203	205
		18:00	1	453	197	197
	14-01-2018	17:00	3	549	189	198
	18-01-2018	20:00	1	315	196	196
	19-01-2018	18:00	1	1042	195	195
		20:00	3	240	201	205
		21:00	1	328	205	205
	20-01-2018	17:00	1	540	196	196
		18:00	1	704	195	195
		20:00	2	254	197	205
	21-01-2018	16:00	1	295	202	202
		17:00	1	408	200	200
		18:00	3	313	190	206
	22-01-2018	17:00	3	303	195	205
	23-01-2018	17:00	1	203	201	201
		18:00	1	302	196	196
	26-01-2018	18:00	2	218	204	205
	27-01-2018	09:00	2	272	203	204
		18:00	2	278	196	203
	28-01-2018	18:00	1	716	200	200
		21:00	1	815	194	194

# Ændrer harmoniske og net karakter

- Afstand betyder mere og mere – jo længere kabler, og generelt jo længere (elektrisk set) fra transformere – jo mere kan det som tilsluttes dominere nettets impedans. Eksempel er fra vindmøller 20 MW placeret ca 15 km fra netstation. 2 eller 3 niveau inverter PVM

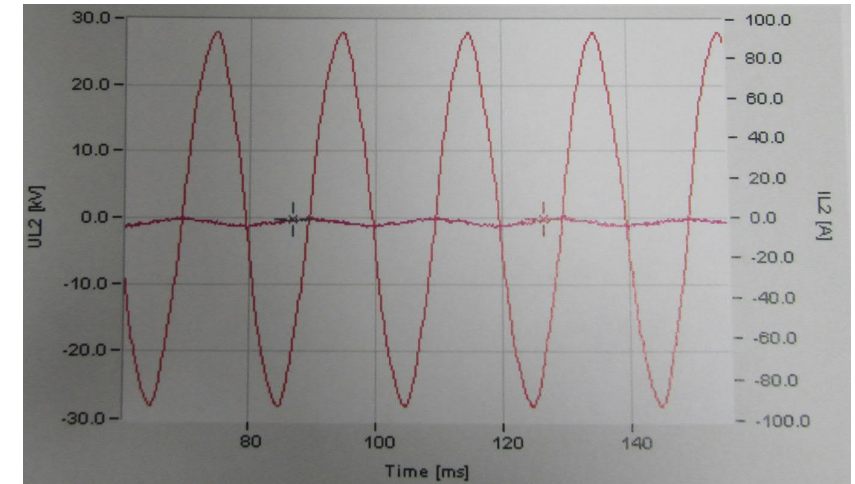
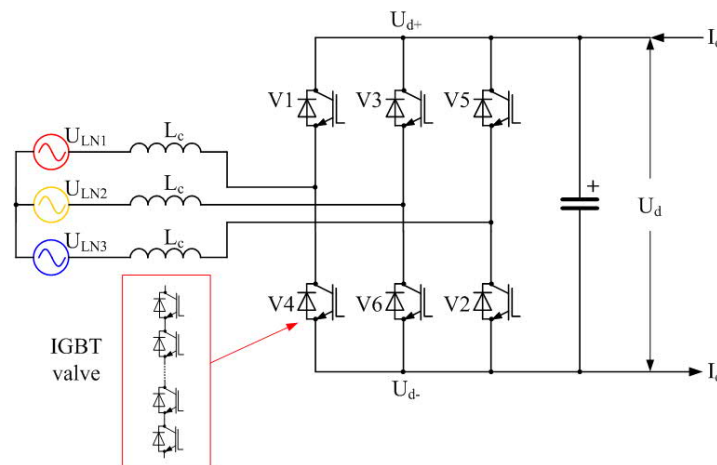
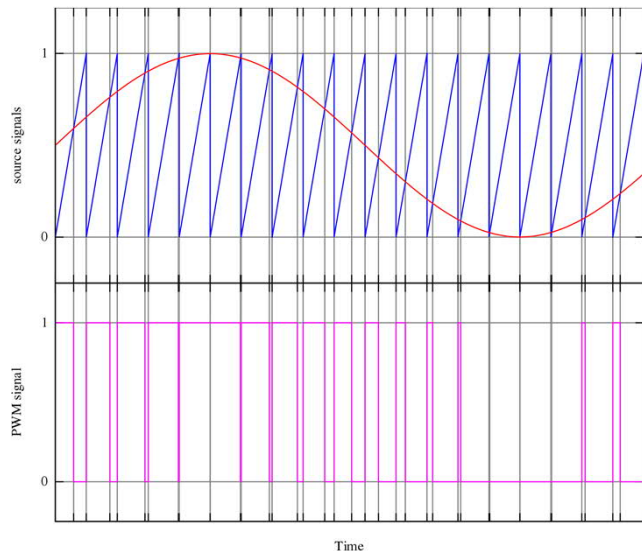


Fig. 13: Instantaneous Voltage and Current in Feeder when Wind Farm is shut

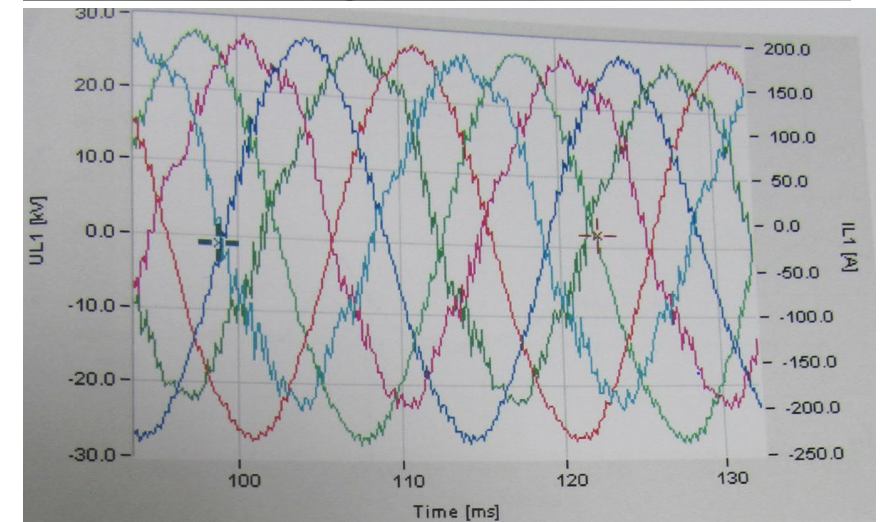


Fig. 06: Instantaneous Voltage and Current in Feeder 1

# Supraharmoniske

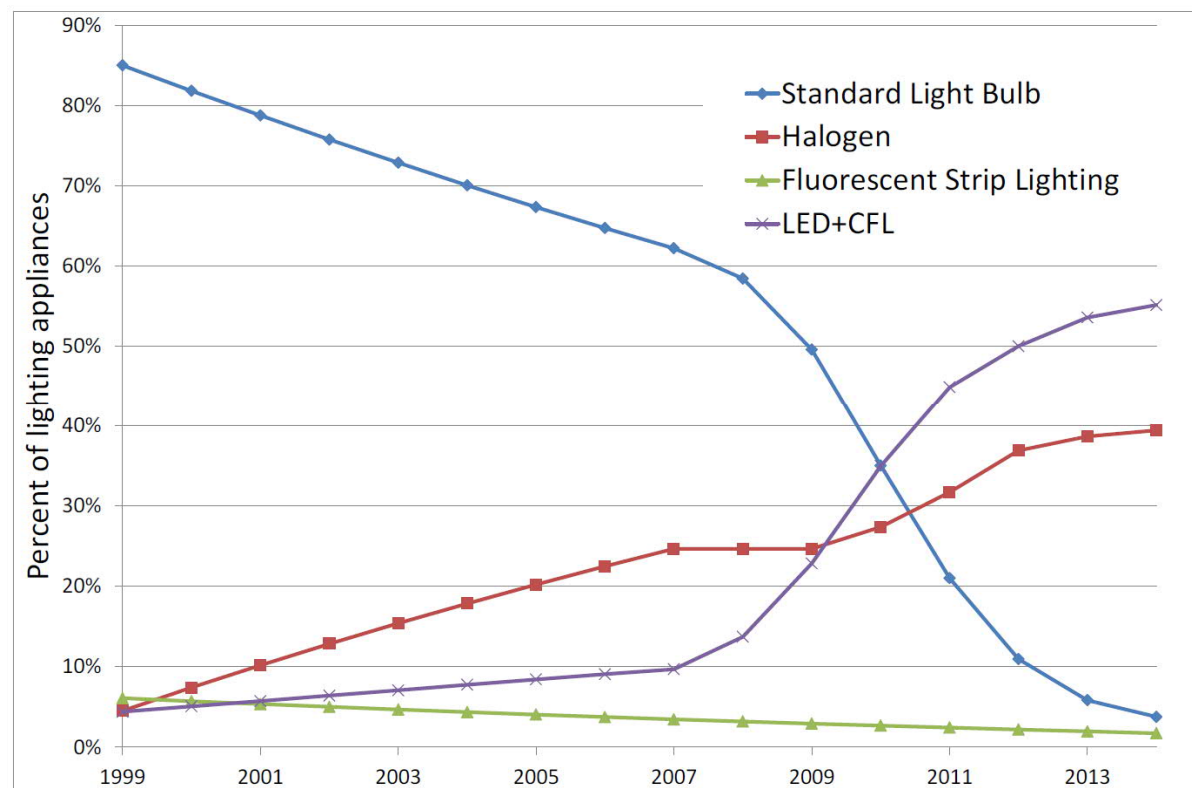
- Vindmøller 2-8 kHz
- Solceller 16-22 kHz
- Biler, busser, lastbiler, tog 10-80 kHz
- Færger, skibe
- Pumper 15-25kHz
- Batterier
- Forbruger elektronik
  - Lamper 20-200 kHz
  - Power supply 30-300 kHz
  - PLC AMR 3 - 150 kHz

## 4.6.1.7. Forstyrrelser i intervallet 2-9 kHz

Et produktionsanlæg skal overholde grænseværdien i tabel 4.14 for alle 200 Hz frekvensgrupper mellem 2 kHz og 9 kHz.

Grænseværdi

0,2 %





# Er en konverter en konverter ?

## SINAMICS PERFECT HARMONY GH150



Multi-cell voltage source inverter featuring M2C technology (M2C VSI) [Modular multilevel converter (M2C)]

Air (A) incl. optional integral A/W and A/A-HEX, water (W)

A: 4-35 MVA

W: 4-47.6 MVA

Separate transformer

- Bruges diodebrug til ensretning kan der ikke ydes reaktiv grundtones support til net.
- I svagt net skal der måske være anden reaktiv kompensering, selvom det harmoniske krav er opfyldt, da der ved varierende belastning ellers kan være gener for andre kunder eller øget belastning viklingskoblere

### Input

- Line side: 12- to 36-pulse diode rectifier without regenerative feedback
- Input frequency: 50 / 60 Hz
- Line power factor: > 0.95

### Output

- Modular multi-level converter with configurations between 24 and 48 power cells
- Power range: up to 47 MVA; higher power configurations on request
- Motor voltages: 4.0 – 11 kV
- Output frequency: 0 – 150 Hz, higher values on request
- Max. motor cables length: 1,000 m; longer distances on request

