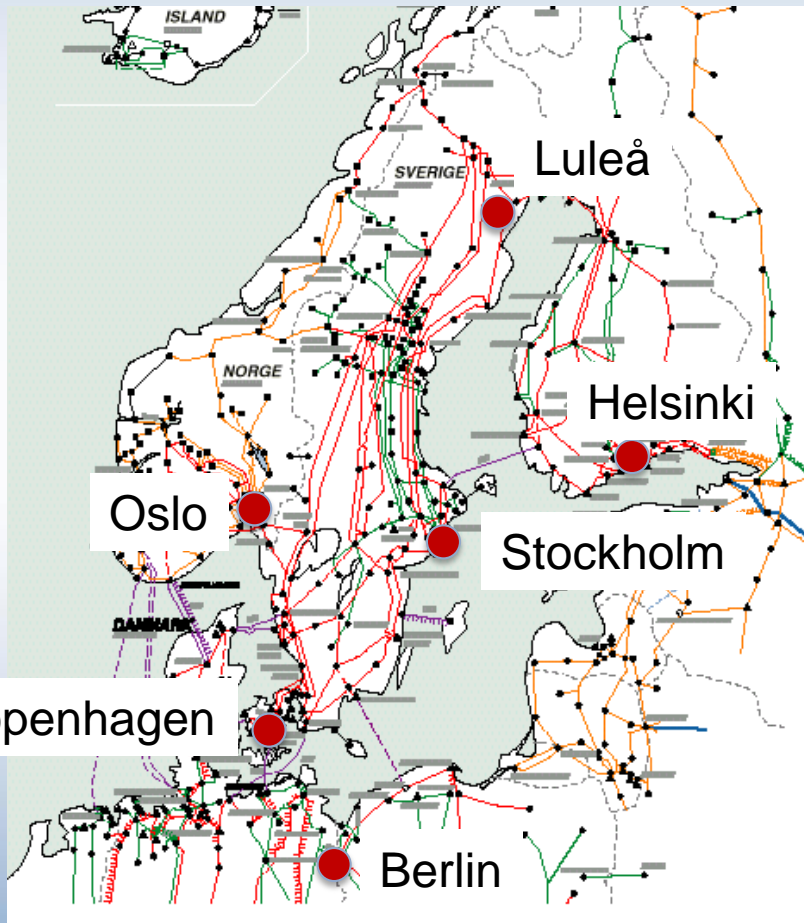


Luleå University of Technology



- Located in Luleå, north of Sweden (65°35' N)
- 16 000 students (BSc/MSc)
- 1750 staff
 - 216 professors
 - 595 other teaching and research
 - 319 PhD students
 - 615 technical, administrative
- 72 research areas
- 1.6 billion kr/yr turnover
 - 59% research
 - of which 63% externally funded

Electric Power Engineering

located in Skellefteå



- 1 professor / chair
- 1 associate professor
- 1 guest professor (25%)
- 1 senior lecturer
- 1 associate senior lecturer
- 15 (+3) PhD students
- 2 engineers (100% and 15%)
- about 100 BSc students



Electric Power Engineering

- Adapting the power grid to allow the transition to a sustainable energy system
- Doing world-leading research by getting the best people to do the job
- Maintaining and spreading knowledge on electric power engineering



Our research directions

- Solar power, vehicle charging, and LED lighting in low-voltage networks
- Wind power in high-voltage networks
- Railway traction and electrified roads
- Electricity markets and smart grids



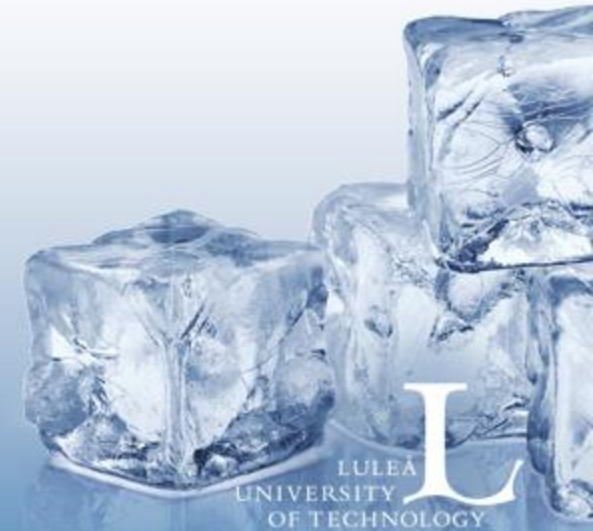
Low-voltage networks

- Light intensity variations of LED lighting (1)
 - Energimyndigheten
- Interaction between solar panels and LED lighting (2-3)
 - Energimyndigheten
- LED lighting and supraharmonics
 - University of Cordoba, Technical University Dresden
- Accelerated ageing of LED lamps
 - Energimyndigheten
- Design of internal grid for energy efficient data center operation (2)
 - Energimyndigheten, Cloudberry

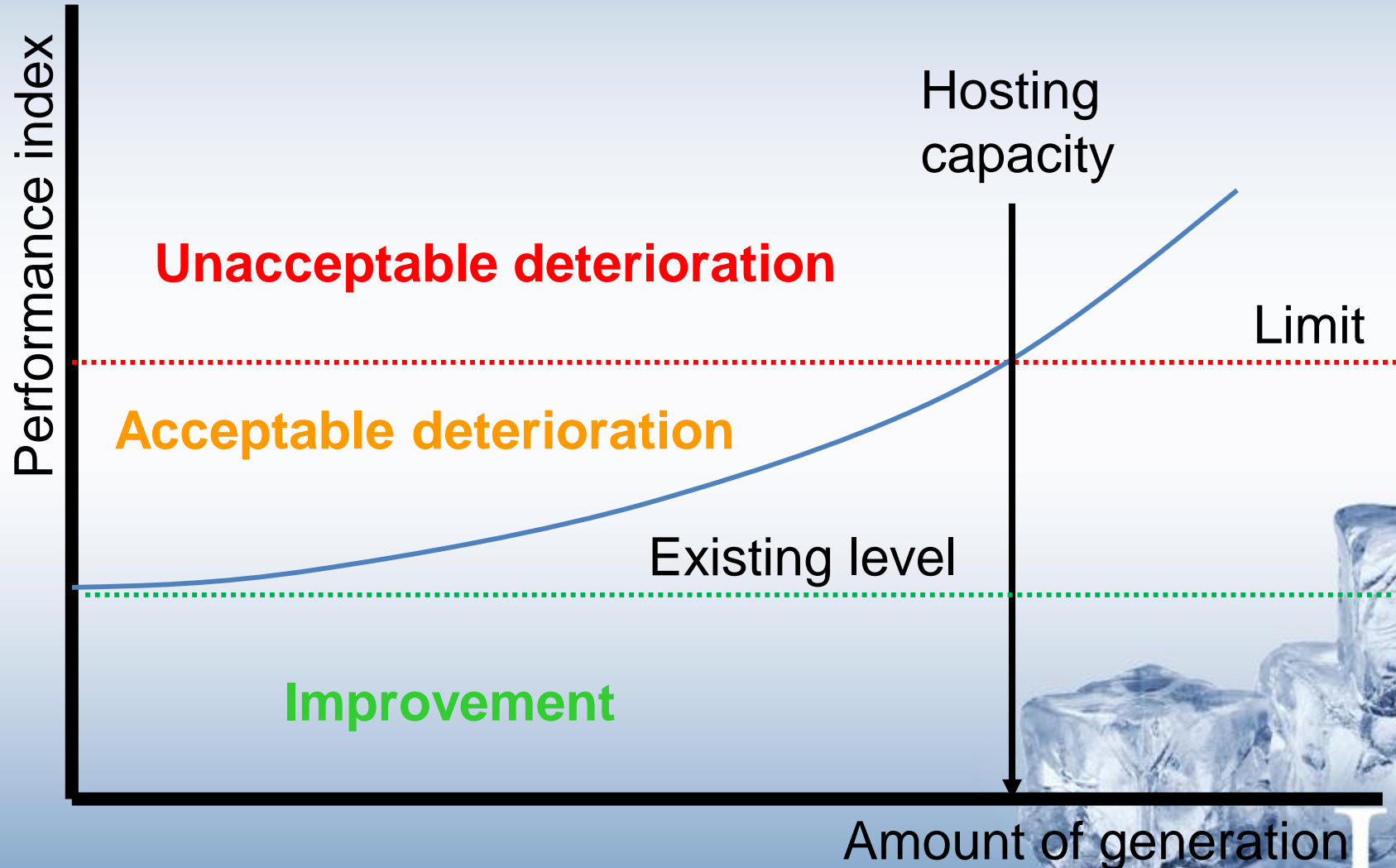


Low-voltage networks (2)

- Hosting capacity for solar power in Northern Sweden (1)
 - Energimyndigheten, Skellefteå Kraft, Umeå Energi, Vattenfall
- Deep learning for big power system data (1)
 - Energimyndigheten, Chalmers
- Propagation of supraharmonics (1)
- Harmonics in low-voltage network (1)



Hosting capacity



Hosting capacity (acceptansgräns)

- Hur mycket solkraft kan anslutas till elnätet i norra Sverige?
 - Begränsningar i lågspänningsnät vad gäller överspänningar och strömmar
 - Övriga begränsningar, bland annat övertoner
 - Begränsningar i mellanspänningsnät
- En stokastiskt metod har utvecklats och testas nu på ett 1000-tal lågspänningsnät.
 - Samarbete med Skellefteå Kraft, Umeå Energi och Vattenfall



Deep Learning and Power Quality

- Använda artificiell intelligens för att ta hand om stora mängder data i kraftsystemet
 - Började med spänningsdippar
 - Data från olika länder
 - Spänningsvariationer kommer senare
- Samarbete med signalbehandling på Chalmers

TABLE IV
The Number of Dips for Every Class of Each Dataset

Dataset	A	C_a	C_b	C_c	D_a	D_b	D_c	Total
D1	166	110	100	74	83	77	95	705
D2	1946	448	500	429	265	412	361	4361
D3	120	135	142	128	116	129	146	916
Total	2232	693	742	631	464	618	602	5982

Exempel på resultat

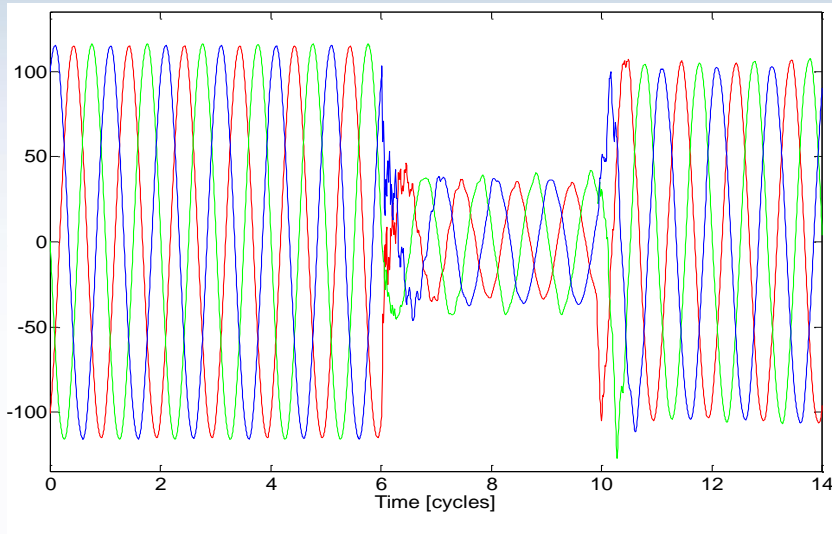
TABLE VI
Case Study 1: Resulting Confusion Matrix on the Test Set.

	\tilde{A}	\tilde{C}_a	\tilde{C}_b	\tilde{C}_c	\tilde{D}_a	\tilde{D}_b	\tilde{D}_c
A	556	0	1	0	0	0	0
C_a	0	170	0	0	0	0	2
C_b	1	0	184	0	0	0	0
C_c	0	0	0	154	1	0	0
D_a	0	0	4	0	112	0	0
D_b	1	3	0	0	0	151	0
D_c	2	9	7	0	0	3	129

High-voltage networks

- Harmonics and switching transients in wind parks (1)
 - Energimyndigheten, Skellefteå Kraft, Vattenfall
- Voltage dips and fault-ride-through of wind-power (1)
 - Energimyndigheten, Chalmers, KTH
- New computational tools for power systems with great uncertainty: insulation and power quality (1)
 - Energimyndigheten, Svenska Kraftnät, Energiforsk
- Stochastic models for future smart electricity transmission grids (1)
 - Energimyndigheten, Skellefteå Kraft, Energiforsk
- Voltage-dip characterization
 - Sichuan University

Voltage dips and wind-power installations

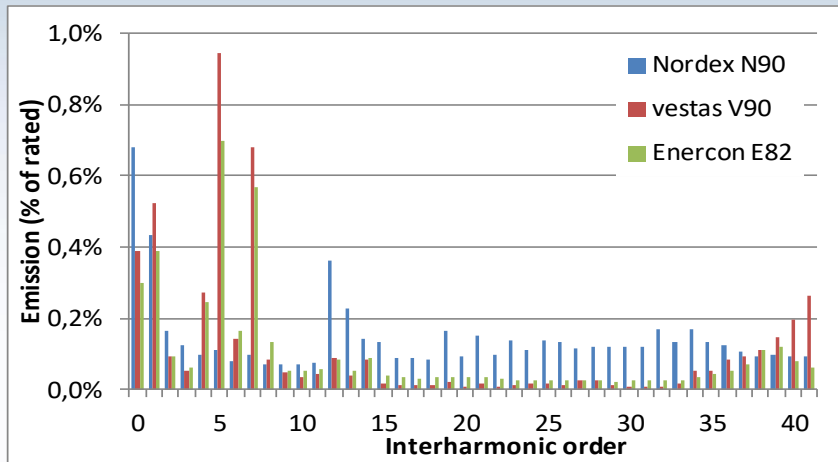


- Knowledge on dips
- Knowledge on wind power
- How do dip characteristics impact wind power?
- Requirements on wind power.

- Energimyndigheten
- Cooperation: Chalmers, KTH
- Math Bollen, Azam Bagheri



Harmonics and wind-power installations



- Energimyndigheten
- Skellefteå Kraft, Vattenfall
- Math Bollen, Daphne Schwanz

- Övertonsemission är begränsad
- Mellantoner spelar en viktig roll och är en möjlig orsak till instabilitet ("*harmonic control interaction*")
- Spridning och resonanser är viktiga men inte så bra förstått
- Mätutmaningar och simuleringsutmaningar

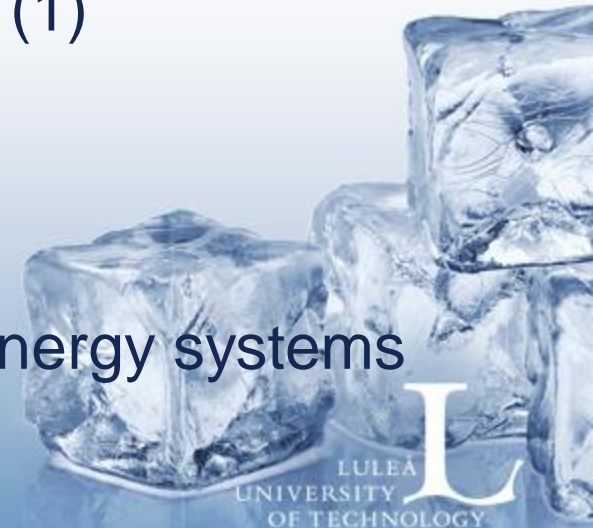
Railway traction and electrified roads

- Power system stability with both rotary and static interfaces against production and consumption (1)
 - Swedish transport authority
- Choice of supply voltage for electrified roads
 - Swedish transport authority



Electricity markets and smart grids

- Island operation of microgrids with battery storage (1)
 - Skellefteå Kraft, Foundation Rönnbäret
- Planning and dimensioning of microgrids with up to a few thousand customers (1)
 - Energimyndigheten, Skellefteå Kraft
- Economic incentives in microgrids, subtransmission and transmission grids - an orientation study (1)
 - Energimyndigheten, Cloudberry
- Electricity markets and larger microgrids
 - Stiftelsen Rönnbäret
- Electricity markets in 100% renewable energy systems
 - University of Hong Kong



Elektromagnetiska störningar och elkvalitet vid elektrifierade transporter, elvägar och andra stora omriktare anslutna till elnätet

Förslag till ett samarbetsprojekt

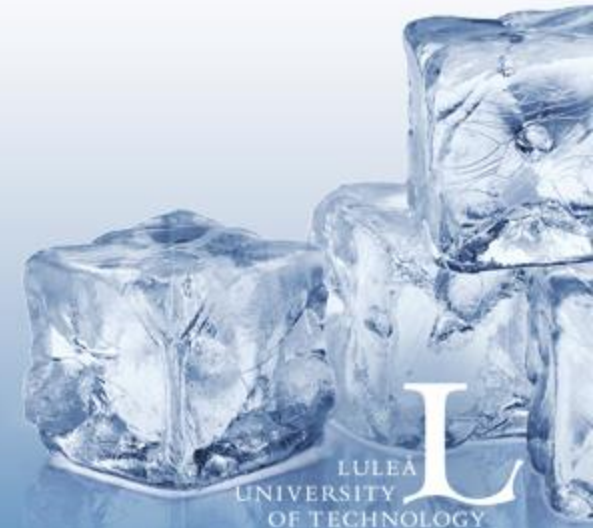
Luleå tekniska universitet

Trafikverket

Svenska Kraftnät

ABB

.. flera





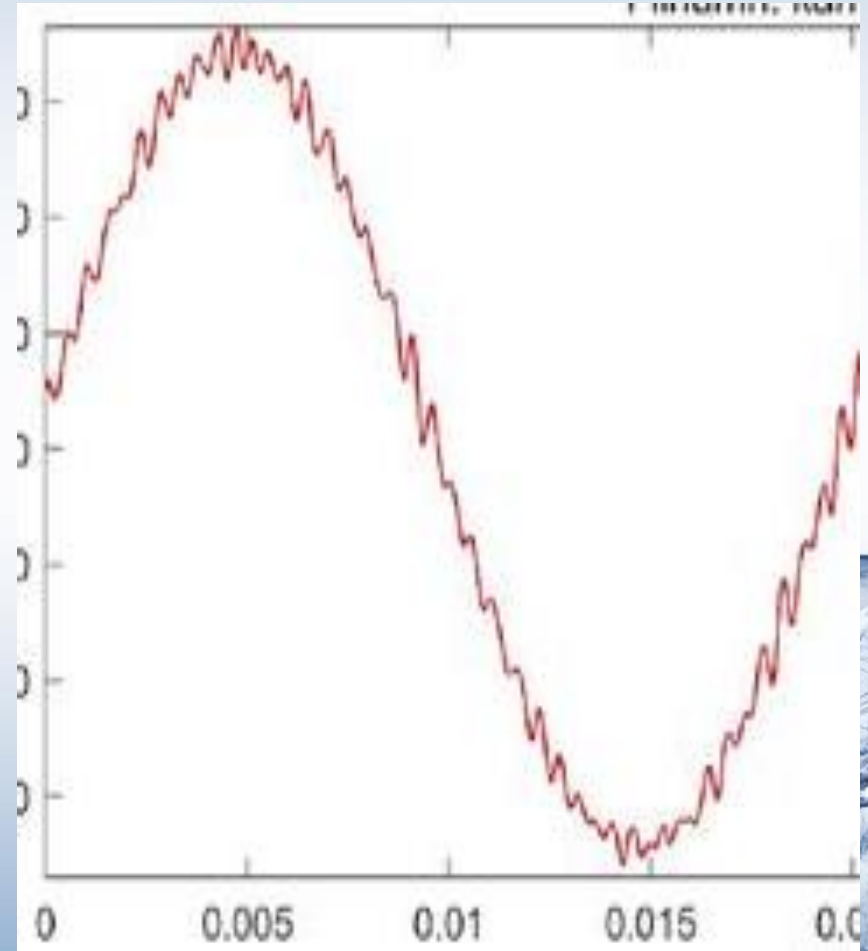
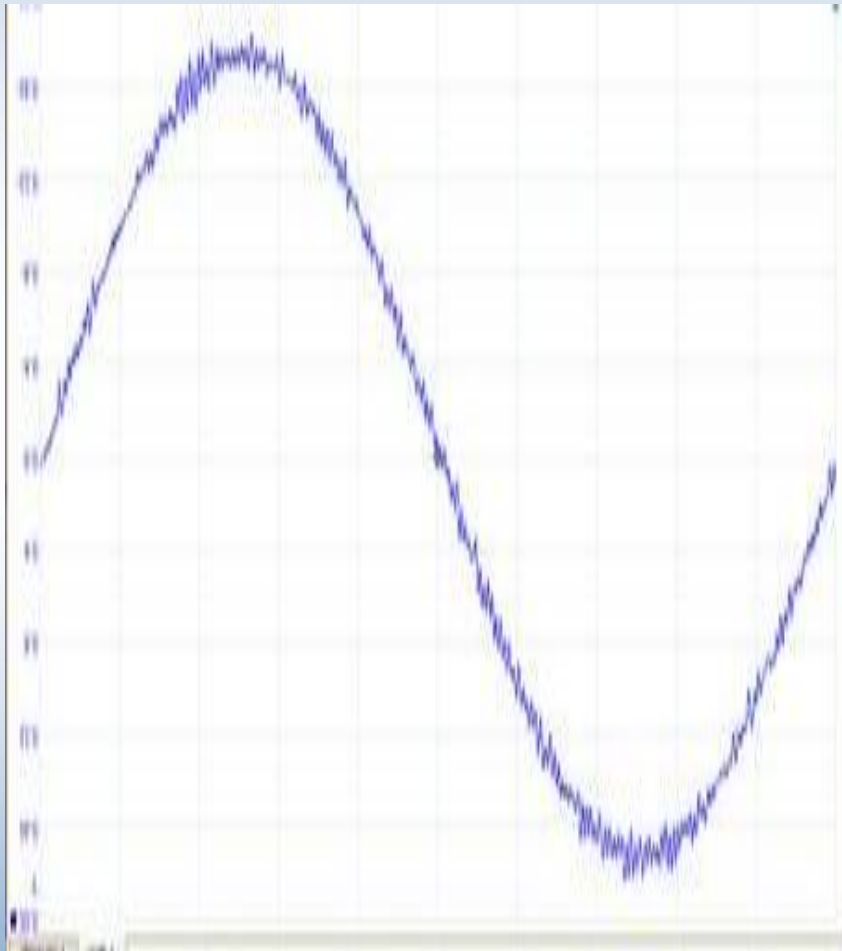
Bakgrund

- Stora kraftelektroniska omriktare
 - Frekvensomriktare till banmatning
 - VSC-HVDC
 - Vindturbiner
 - Laddning av elbussar, elvägar, mm
- Emission av övertoner och supratoner, bla i kHz-området
 - Kan förstärkas av resonanser, med risk på felfunktion av apparater och skador av kabelavslut
- Det finns en hel del erfarenhet från små apparater, som borde kunna översättas till stora apparater





Uppmätta spänningar



kHz-området på mellan- och högspänning

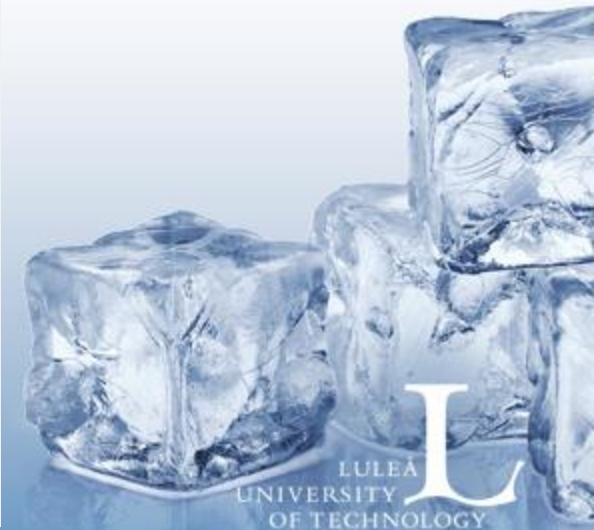
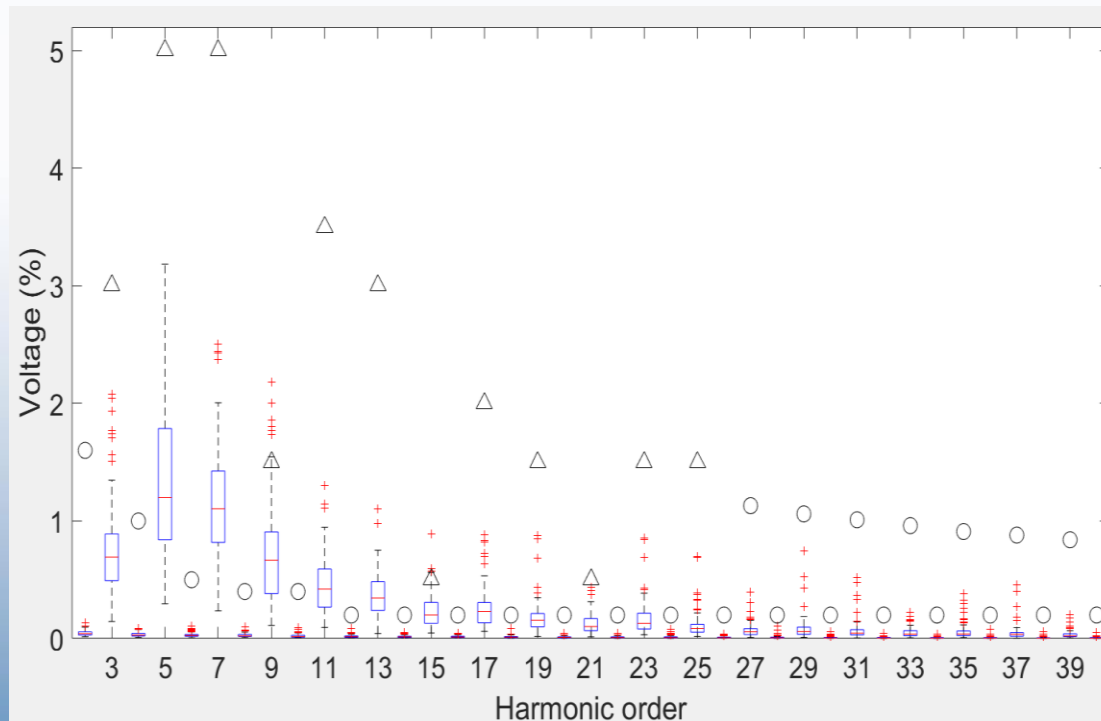
- mätningar för att kartlägga emission och spridning
- Tillämpa och vidareutveckla metoder för att simulera spridning av störningar i kHz området
- Kartlägga konsekvenser
 - kabelavslut och transformatorer
 - utrustning ansluten till lågspänningsnät
- kompatibilitetsnivåer och emissionskrav
 - Avvägning mellan konsekvenserna och kostnader av åtgärder



Övertoner i lågspänningsnät

- Bakgrund

- Okända nuvarande nivåer av övertoner
- Okänd hur framtida apparater kommer att påverka nivåerna
- Okänd hur spridning och sammanlagring är och kommer att bli



Övertoner i lågspänningsnät (2)

- Mål med projektet
 - Vad är nuvarande nivåer av övertoner i en stadsmiljö? Hur uppstår och sprids de?
 - Hur kommer nivåerna att utvecklas under 10-20 år?
 - Behövs det åtgärder? Vilka åtgärden behövs?
- Projektplan
 - Samla information om övertoner i lågspänningsnät.
 - Användning och vidareutveckla av modeller för att beräkna nuvarande nivåer.
 - Uppskatta hur det blir i framtiden.
 - Rekommendationer om hur man bör ta hand om övertoner i lågspänningsnät.

