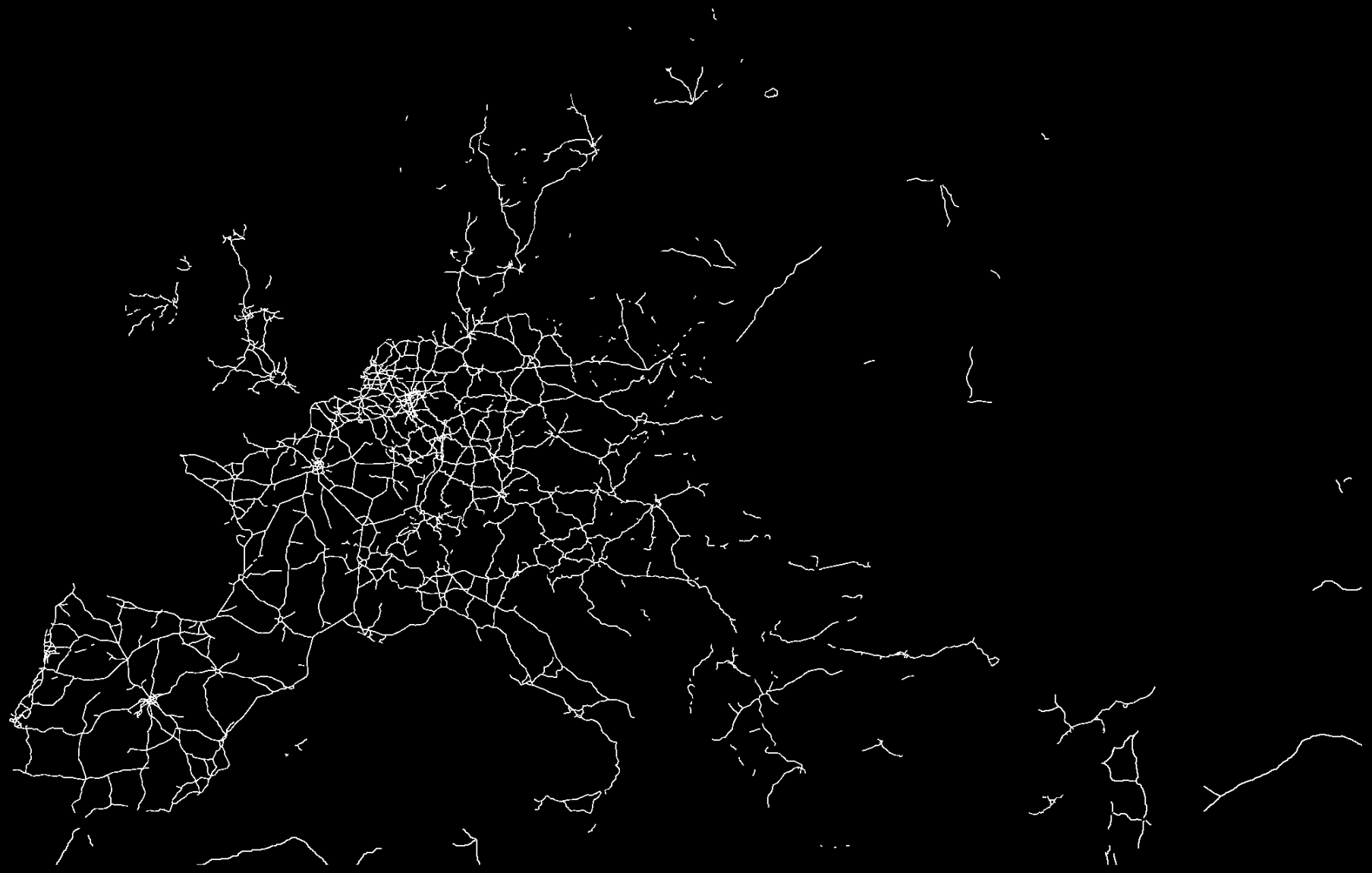
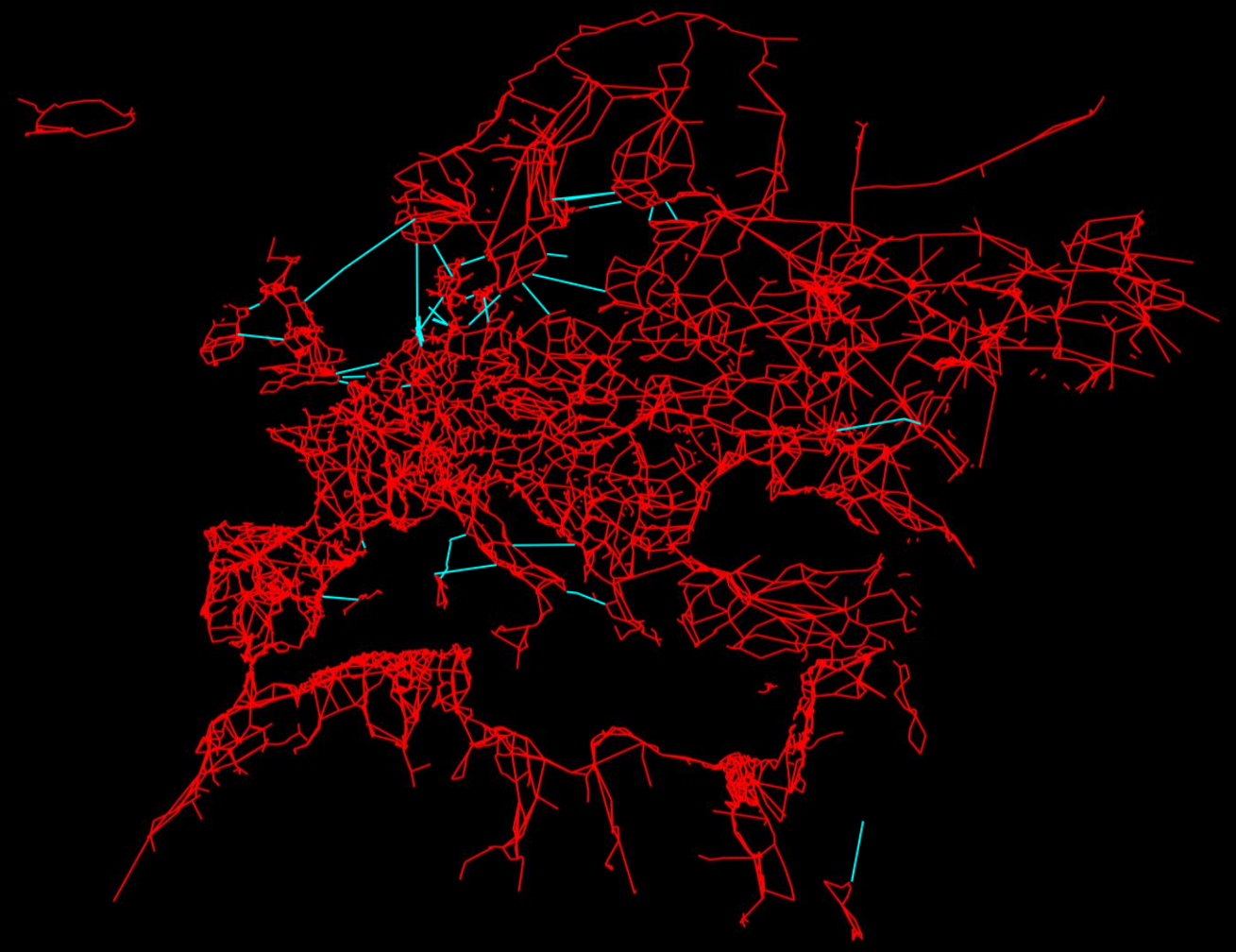
SCiBreak
Enabling the Supergrid

Snabba brytare för morgondagens elsystem

Tomas Modeer
SCiBreak AB

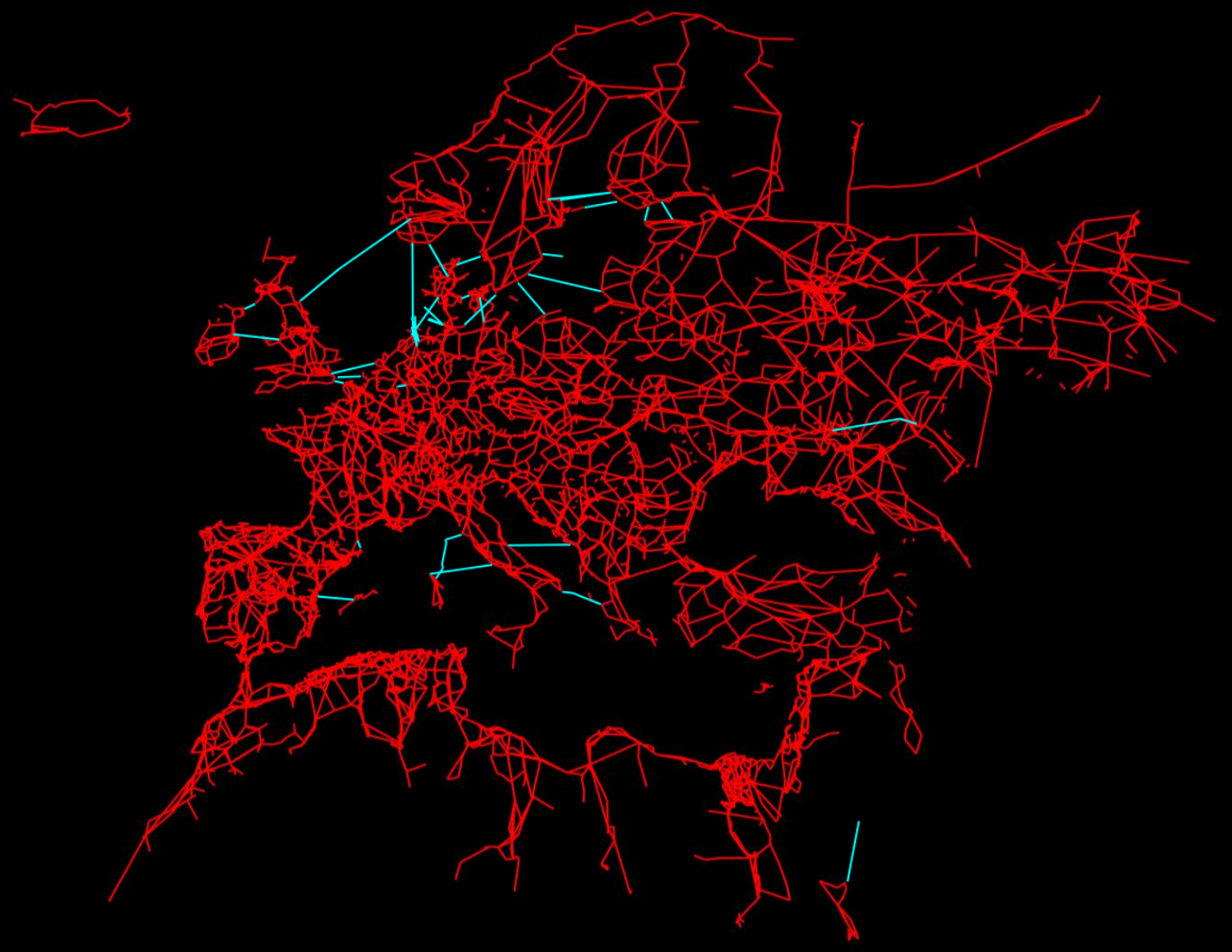




data source: ENTSO-E / GridKit 2016-05-11

Växelström

Likström



Elnätsutveckling

Snabb omställning till distribuerad generering

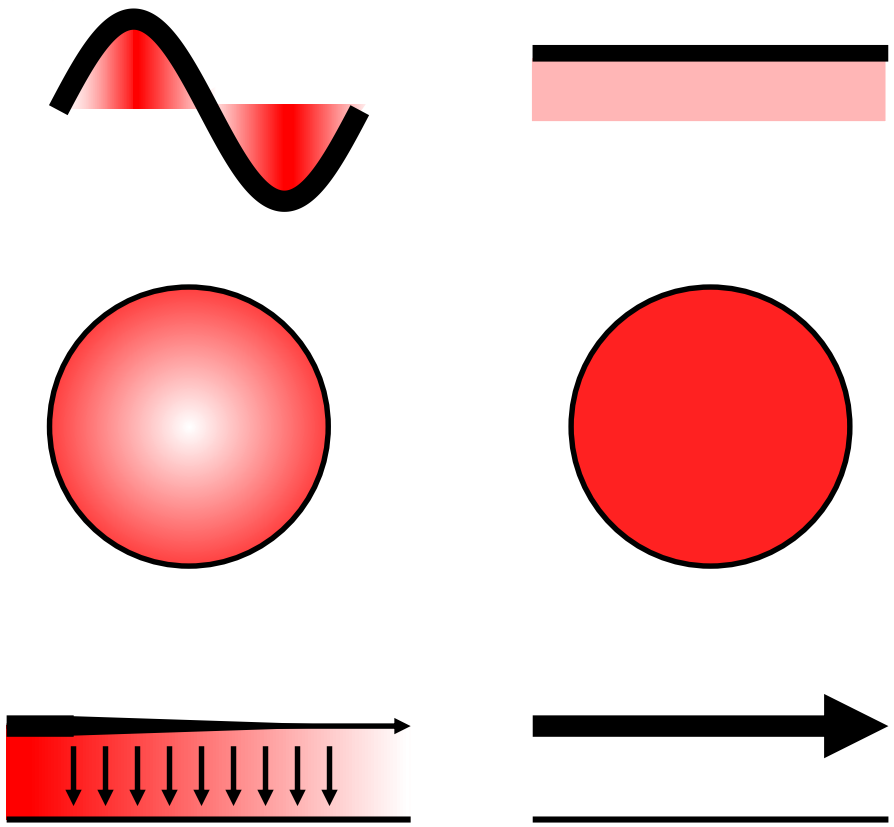
- Mer förnyelsebara energikällor
- Laddning av elfordon

- Bidirektionella effektflöden med snabb omställning
- Stor skillnad mellan medel och toppeffekt
  t.ex. vindkraften i Danmark[1]:
  snitt 42% / Peak 140%

Dramatiskt ökat behov av transmissions- och distributions-kapacitet!

[1] A. Bloom *et al*., "It's Indisputable: Five Facts About Planning and Operating Modern Power Systems," in *IEEE Power and Energy Magazine*, vol. 15, no. 6, pp. 22-30, Nov.-Dec. 2017.

Likström — Fördelar

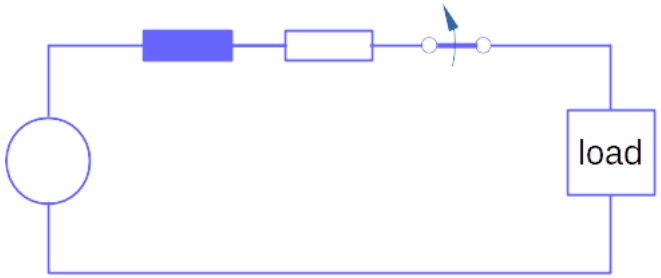


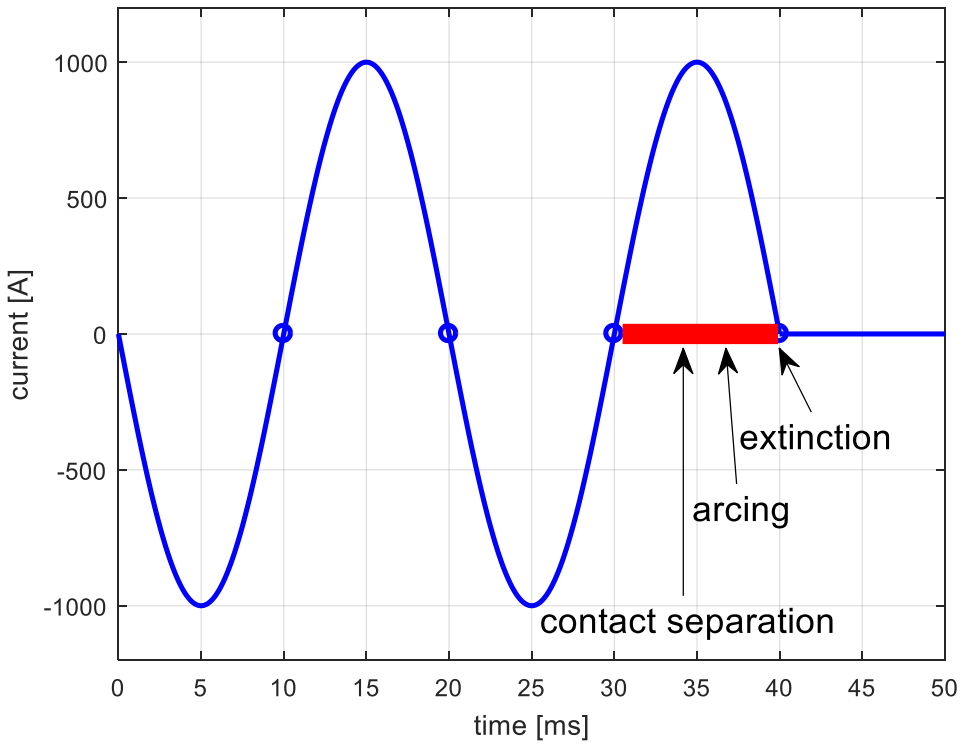
- Lägre förluster för samma tvärsnitt och medelström
- Ingen strömförträngning
- Inga kapacitiva strömmar

Nackdelar:

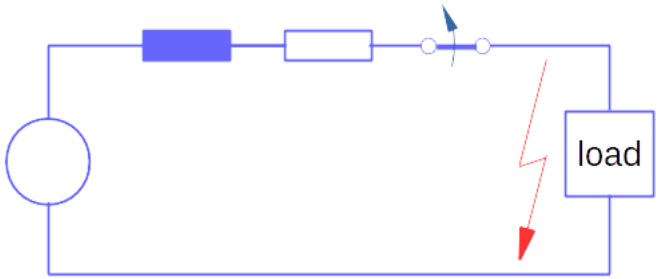
- Spänningstransformering komplicerad
- **Avsaknad av brytare**

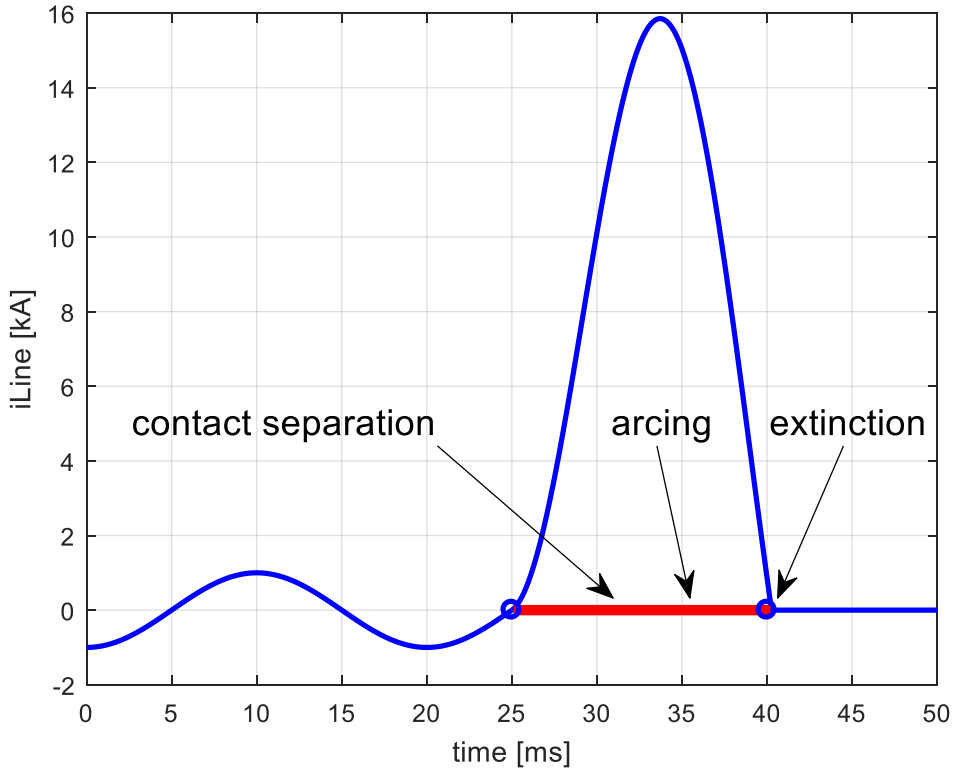
Växelströmsbrytare





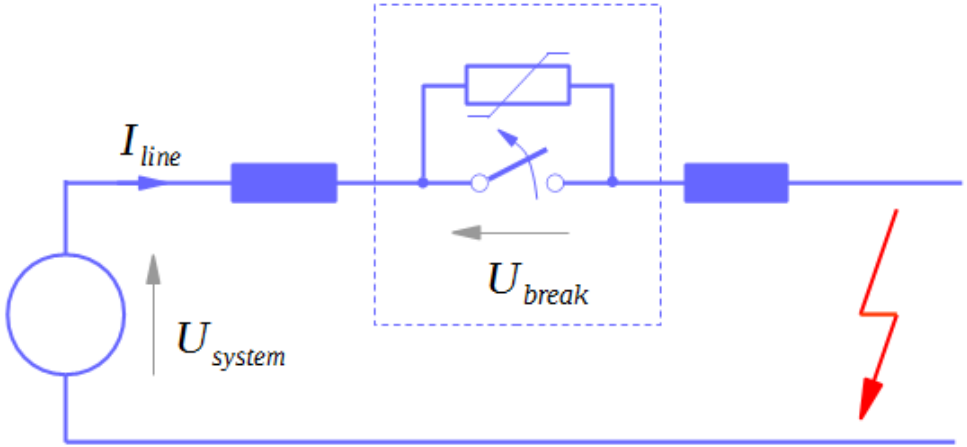
brytning av lastströmm
ljusbågstid < 0.5 period





brytning av felström
ljusbågstid 1 period eller mer

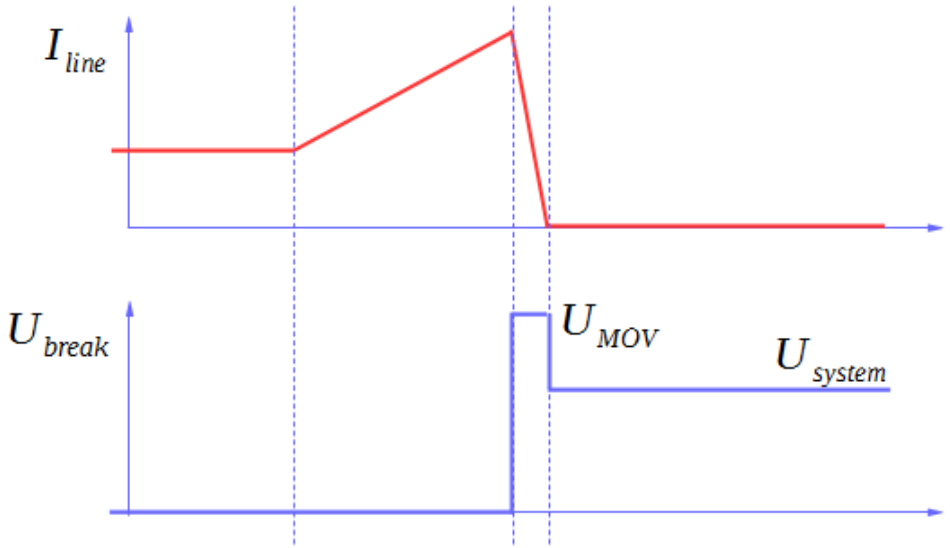
Likströmsbrytare



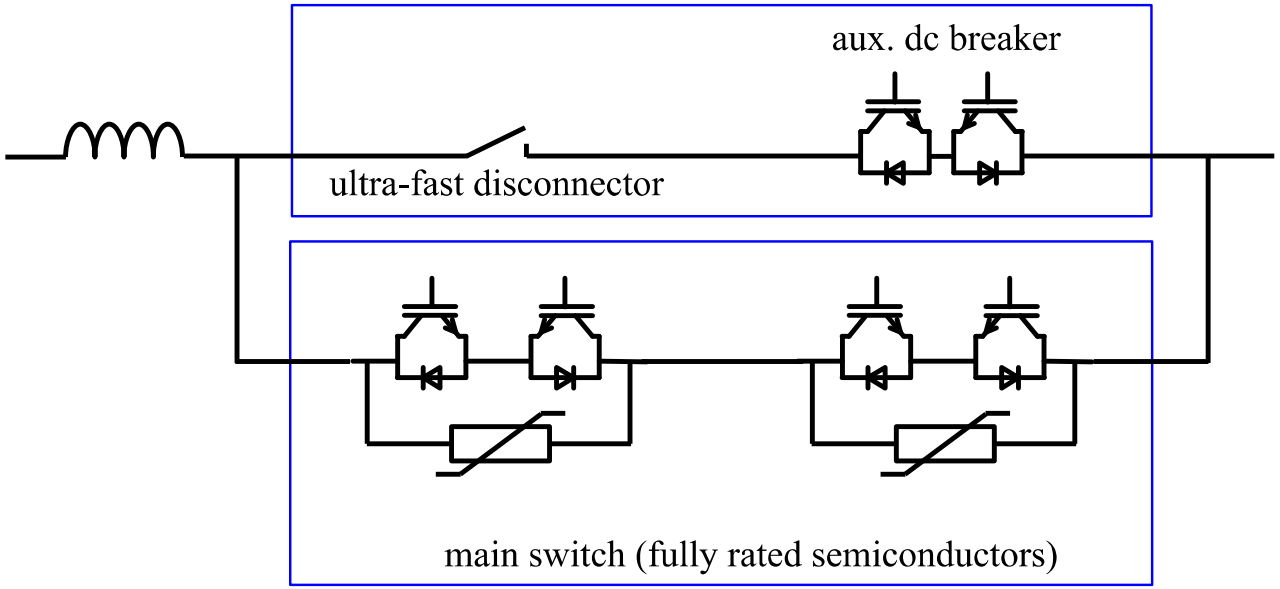
Inga naturliga nollgenomgångar!

En **motspänning** (typ. 1.5X) måste **skapas av brytaren** för att driva ner felströmmen.

P = UI ➡ ett **energiabsorberande element** behövs.



Likströmsbrytare — Hybridbrytare



- Kombinerar fördelarna hos halvledare och mekaniska brytare
- Relativt låga förluster.
- Ingen ljusbåge
- Snabb

− Halvledarventil måste klara full brytspänning.
− Två ventiler för bidirektionell brytare.

➡ **Relativt hög kostnad.**

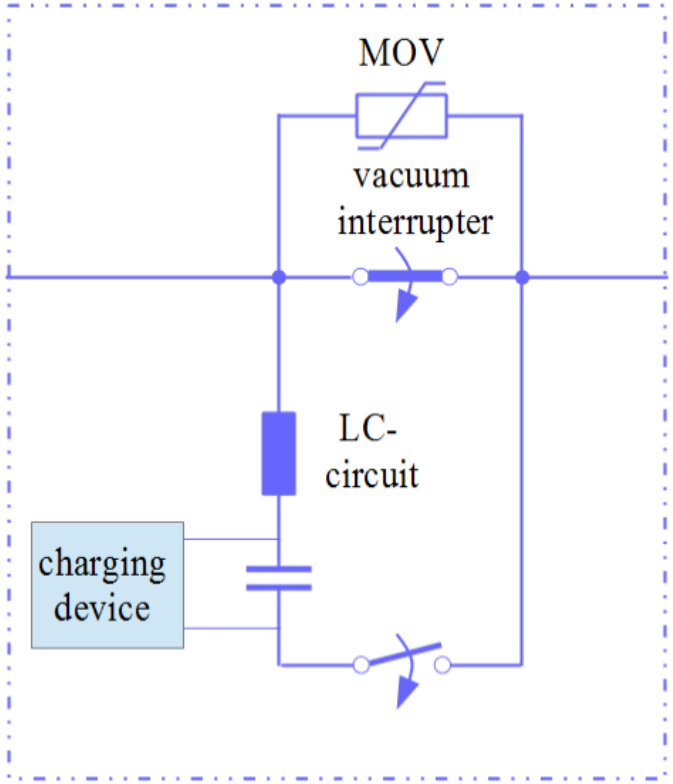
Halvledare vs mekaniska brytare

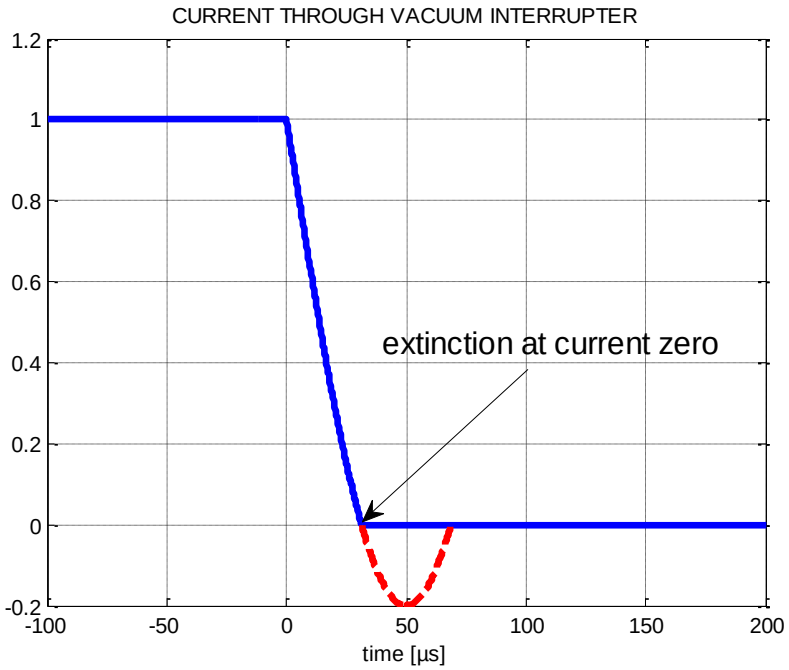
	Infineon FZ3600R17HP4_B2	Tavrida ISM25_LD_1
Type	Unidirektionell (DC)	Bidirektionell (AC)
Kontinuerlig lastström	3600 A*	800 A
Maximal spärrspänning	1700 V	125 kV
	17 MVA	**2000 MVA**
Maximal brytström	~10 kA	16 kA
Pris	~15 000 SEK	~15 000 SEK

*med kylning

Likströmsbrytare — Ströminjektion med LC-krets

- urladdning av LC-krets genom brytaren ger nollgenomgång i ström
  - kondensatorn måste hållas uppladdad till en hög spänning
  - kräver ventil för hög spänning – thyristor eller triggat gnistgap
  - one-shot
  - **relativt långsam**





J. M. Anderson and J. J. Carroll, "Applicability of a Vacuum Interrupter as the Basic Switch Element in HVDC Breakers," in *IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems*, vol. PAS-97, no. 5, pp. 1893-1900, Sept. 1978.

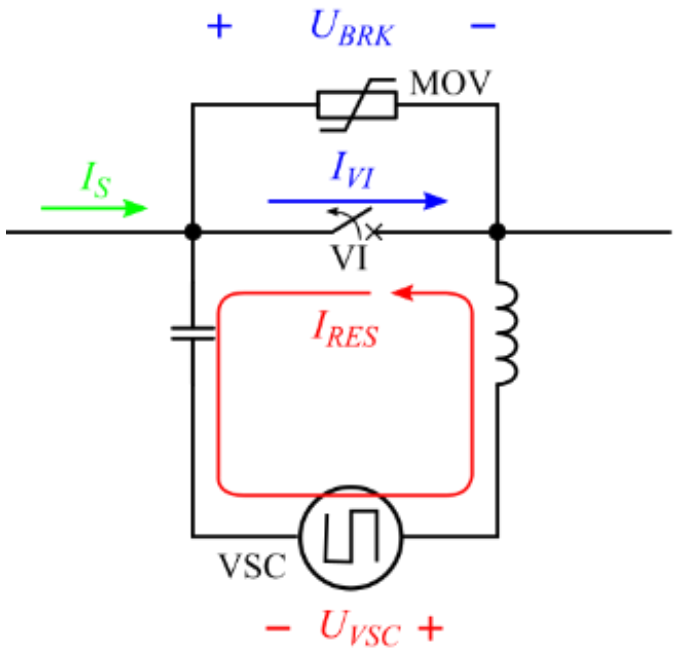
Tidsperspektiv

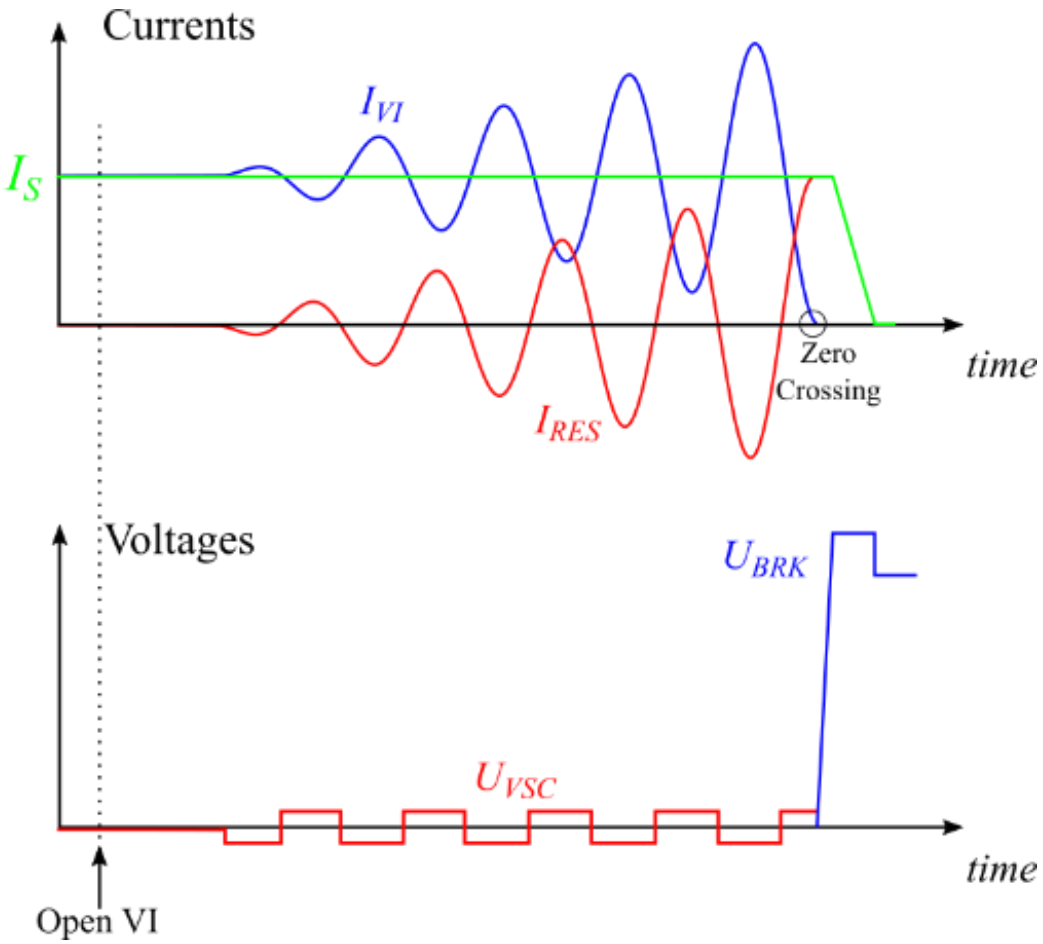
- En millisekund är en väldigt kort tid i mekaniska system:
  ett fritt fallande föremål rör sig 5 µm under den första millisekunden

- En millisekund är en lång tid i kraftelektroniksammanhang:
  tio hela perioder vid 10 kHz

- Slutsats:
  Det finns tid för aktiv styrning och många kommuteringar av halvledare under tiden det tar för kontakterna att separera.

Likströmsbrytare — VSC-Assisted Resonant Current (VARC™)

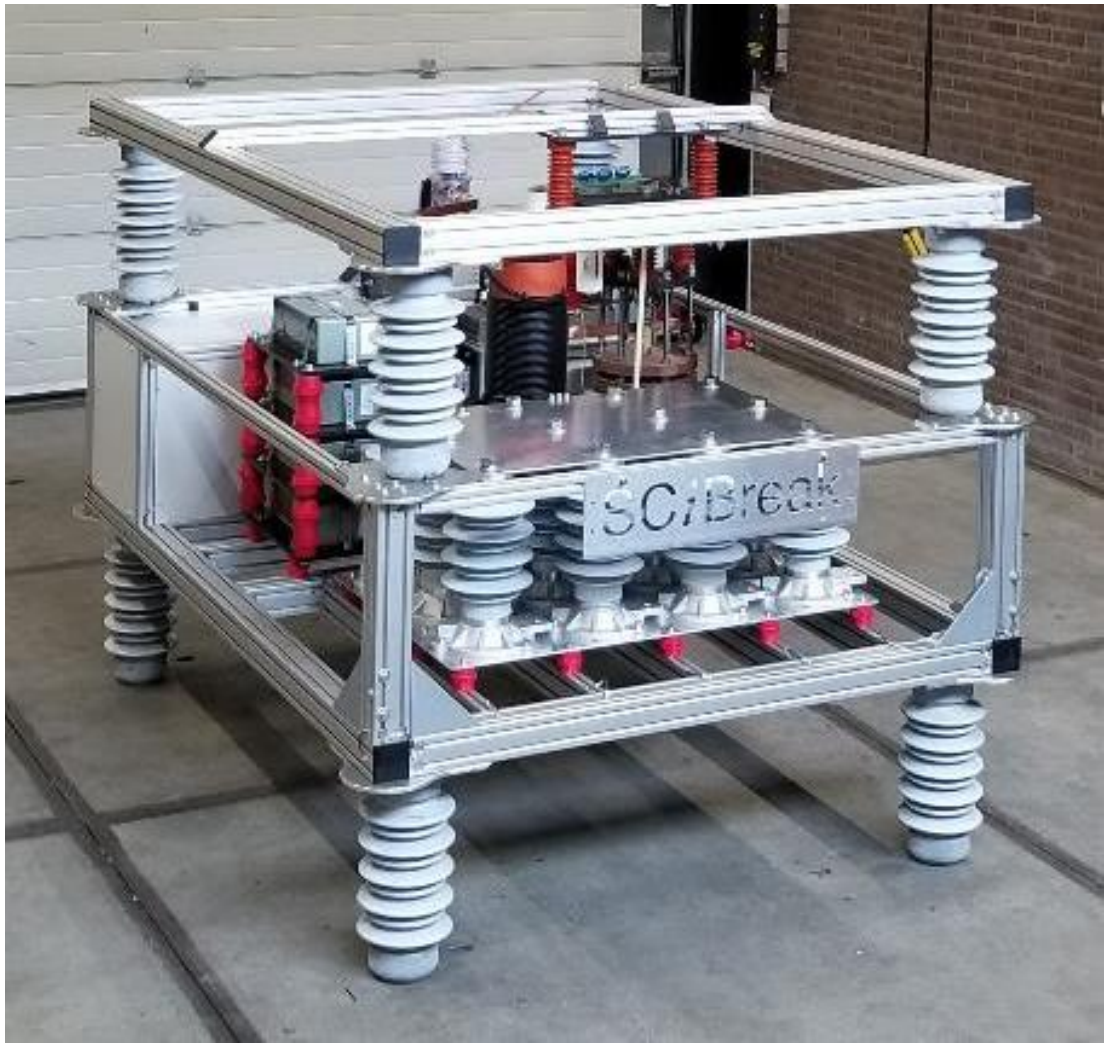




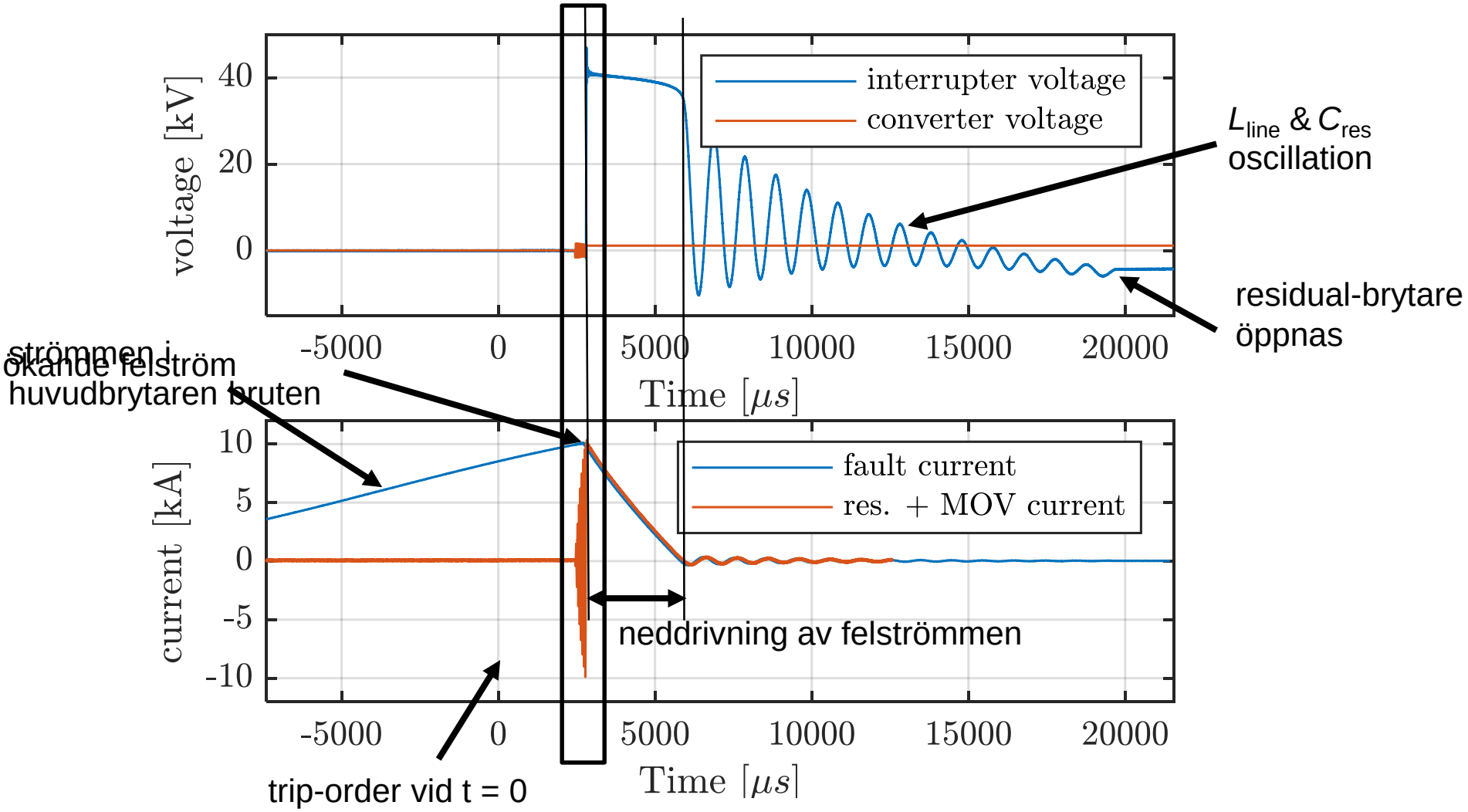
VARC ™ brytar-modul

- 40 kV transient brytspänning
- 10 kA maximal bruten ström
- < 3 ms till neutralisering

- storlek: 2.2 x 1.7 x 1.6 m
- vikt: 800 kg

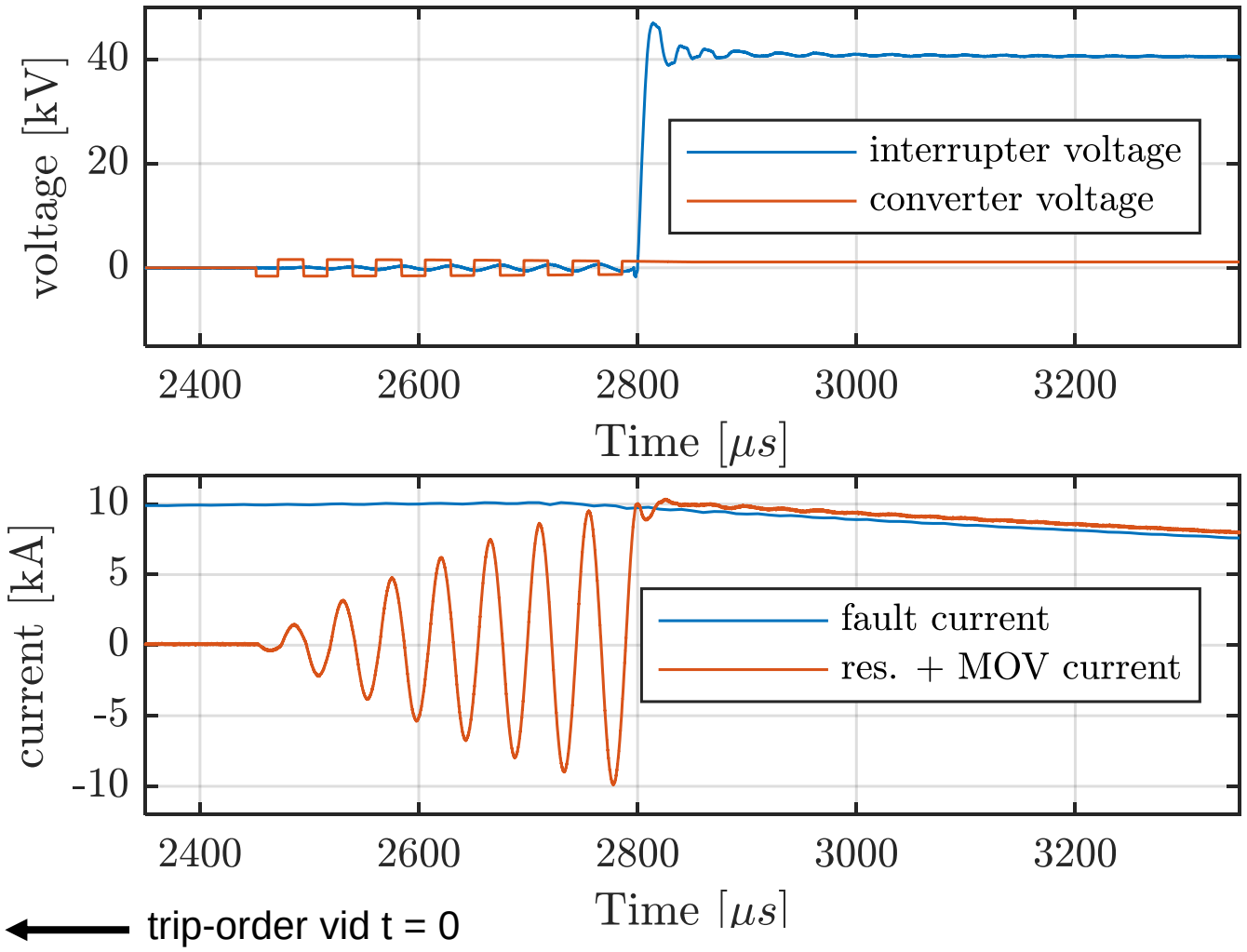


VARC-brytning



Mätdata från prov hos DNV GL (KEMA) i Arnhem, 12 juni 2018

VARC-brytning — detaljvy



trip-order vid t = 0

Mätdata från prov hos DNV GL (KEMA) i Arnhem, 12 juni 2018

Fördelar med VARC™

- få **halvledarkomponenter** (ca 1/10 av vad som krävs för en hybridbrytare)
- standard **off-the-shelf-komponenter** (vakuumbrytare, kraftelektronik)
- **låg påkänning på passiva komponenter** i normal drift
- omriktaren har **kommuteringar vid noll ström**
- automatiskt **anpassning** av ströminjektionens amplitud till linjeströmmen
- funktionen är **oberoende av linjespänningen före felets inträffande**
- snabb **återslutning** är möjlig
- lämplig som både **likström**sbrytare och strömbegränsande **växelström**sbrytare.

ELFACK 2019

eit InnoEnergy
Knowledge Innovation Community

SVENSKA KRAFTNÄT

PROMOTioN
PROGRESS ON MESHED HVDC OFFSHORE TRANSMISSION NETWORKS

An EU Horizon 2020 project:
"PROMOTioN seeks to develop meshed HVDC offshore grids on the basis of cost-effective and reliable technological innovation"

eurostars™