



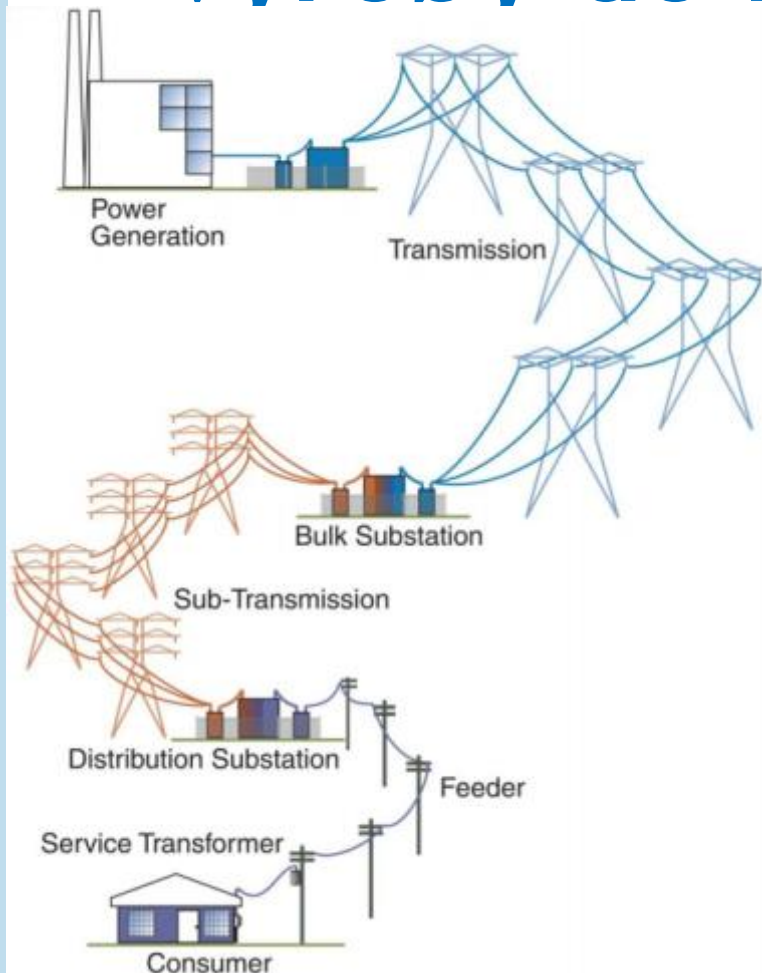
Monitorování kvality elektriny při jejím přenosu a distribuci

Daniel Kaminský
ELCOM, a.s.

Elektřina jako produkt

- Elektřina je nestandardní komodita, neboť jejím základním atributem je její kontinuální tok.
 - Nemůžeme ji jednoduše uskladňovat
 - Je obtížné kontrolovat její kvalitu dříve, než ji skutečně použijeme.
- Elektřina
 - Vyrábí se daleko od míst její použití
 - Je dodávána do sítě z mnoha generátorů
 - Je přiváděna do míst spotřeby přes mnoho transformátorů, dlouhá vedení a kabely

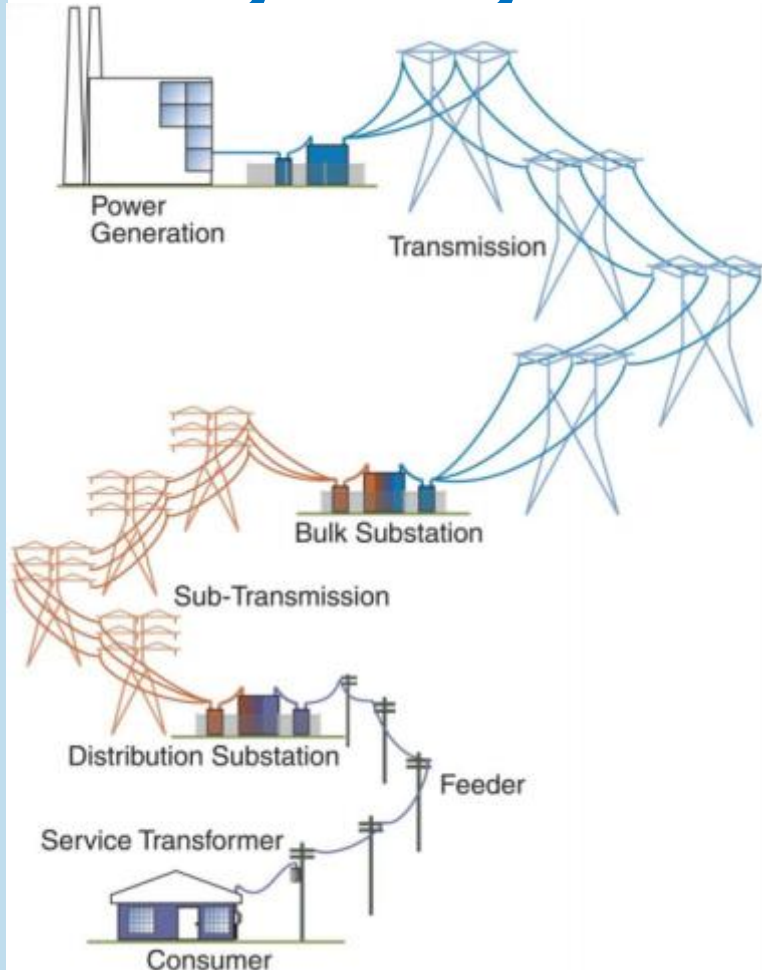
Kvalita elektřiny od místa výroby do místa spotřeby



Courtesy of EPRI

- **Výroba**
 - Interakce a přechodové jevy při zpínání a vypínání velkých zátěží
 - Harmonické způsobené nelineárními zátěžemi
- **Přenos**
 - Šíření poklesů napětí
 - Přechodné jevy související se spínáním kapacitních baterií
 - Údery blesku
 - Proudové harmonické
 - Napět'ové harmonické
 - Flicker
 - Nesymetrie napětí
- **Napájecí systémy pro distribuci**
 - Obdobné jevy jako u přenosu

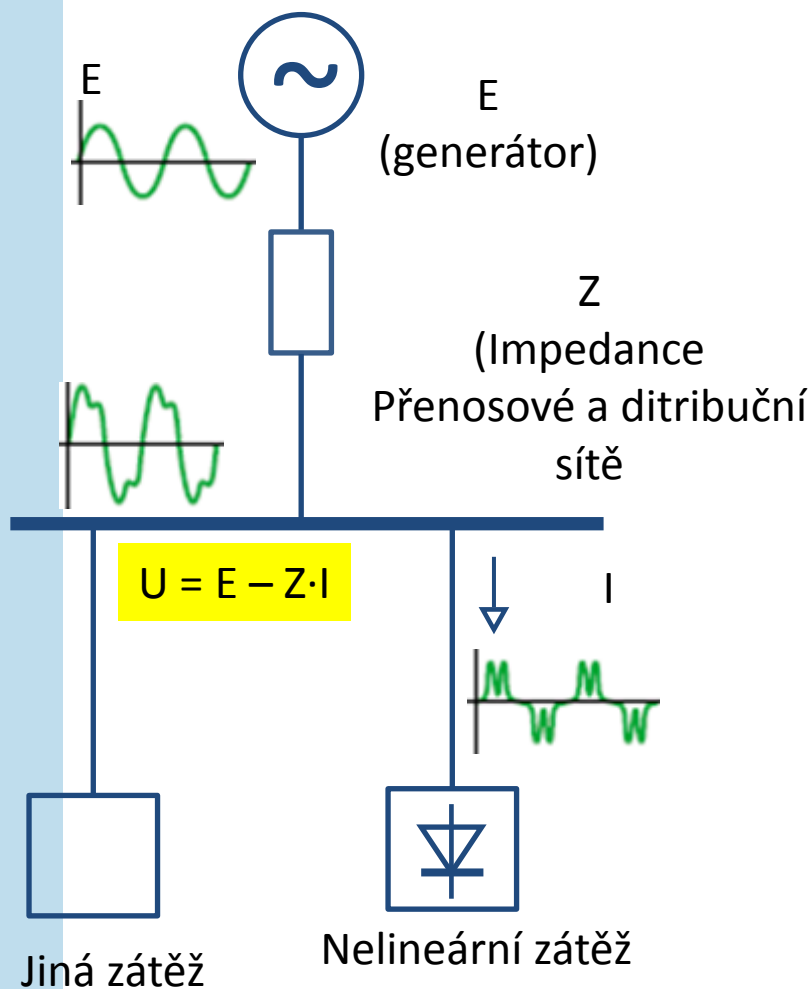
Kvalita elektřiny od místa výroby do místa spotřeby



Courtesy of EPRI

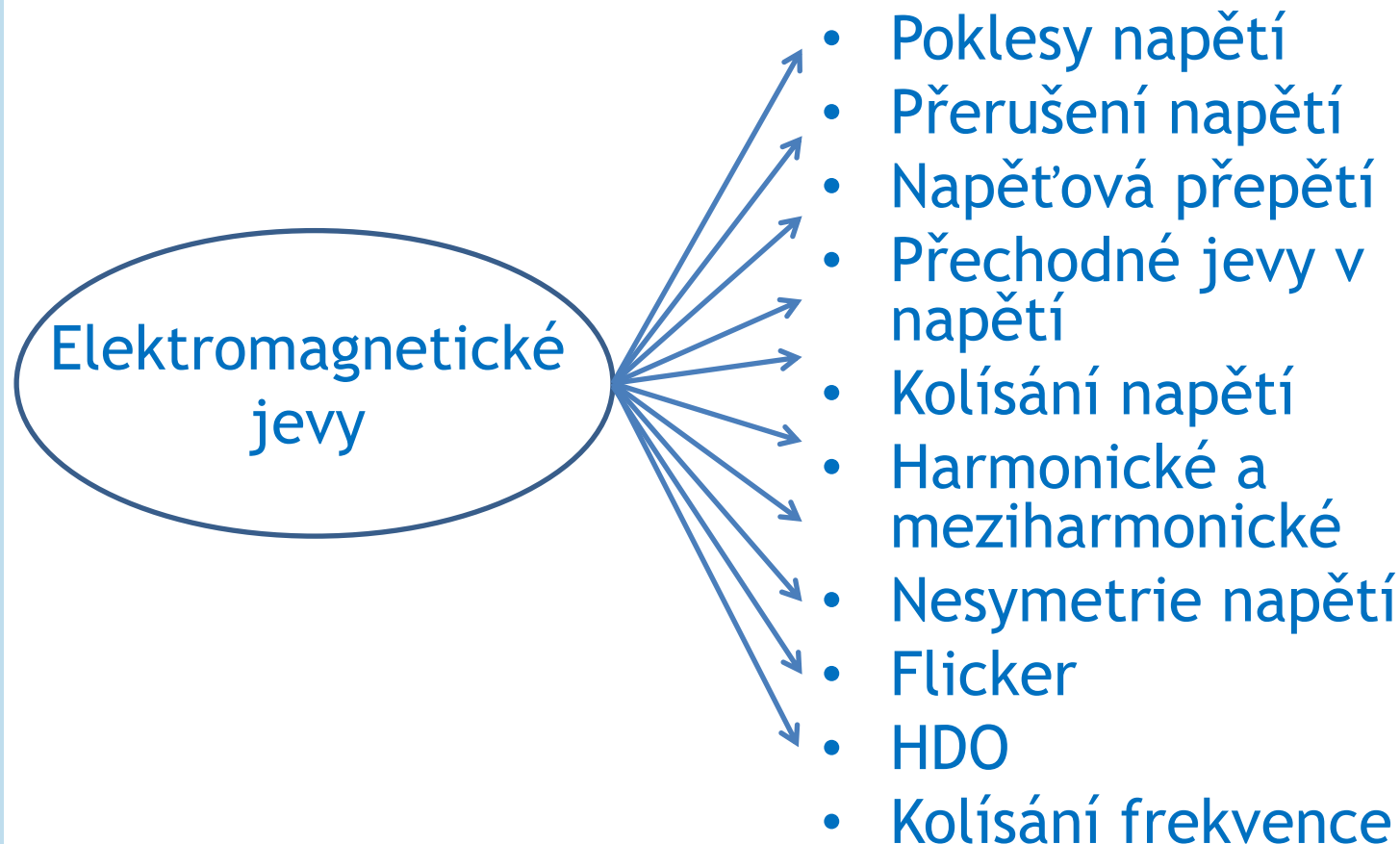
- Konečný uživatel
 - Špičkový proud
 - Zemnění
 - Krokové napětí
 - Zařízení pro zlepšení účinníku, nesymetrie napětí, redukce harmonického zkreslení atd.
 - Electromagnetická kompatibilita
 - RFI
- Další okruhy problémů
 - Dobíjení elektromobilů
 - Alternativní zdroje energie
 - Smart Grid
 - Účinnost přenosu energie

Poruchy napětí



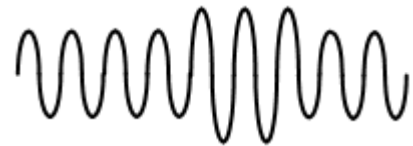
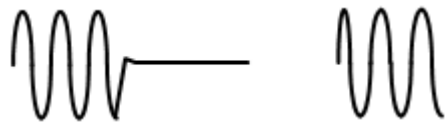
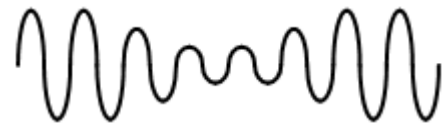
- Předpoklad ideálně harmonického napětí v místě připojení generátoru
- Proud způsobuje poklesy napětí úbytky na impedancích vedení
- Křivka poklesů napětí koresponduje s tvarem křivky proudu
- Výsledné napětí odpovídá $U = E - Z \cdot I$
- Zkreslení napětí je tedy způsobeno neharmonickými proudy

Jevy související s kvalitou elektřiny



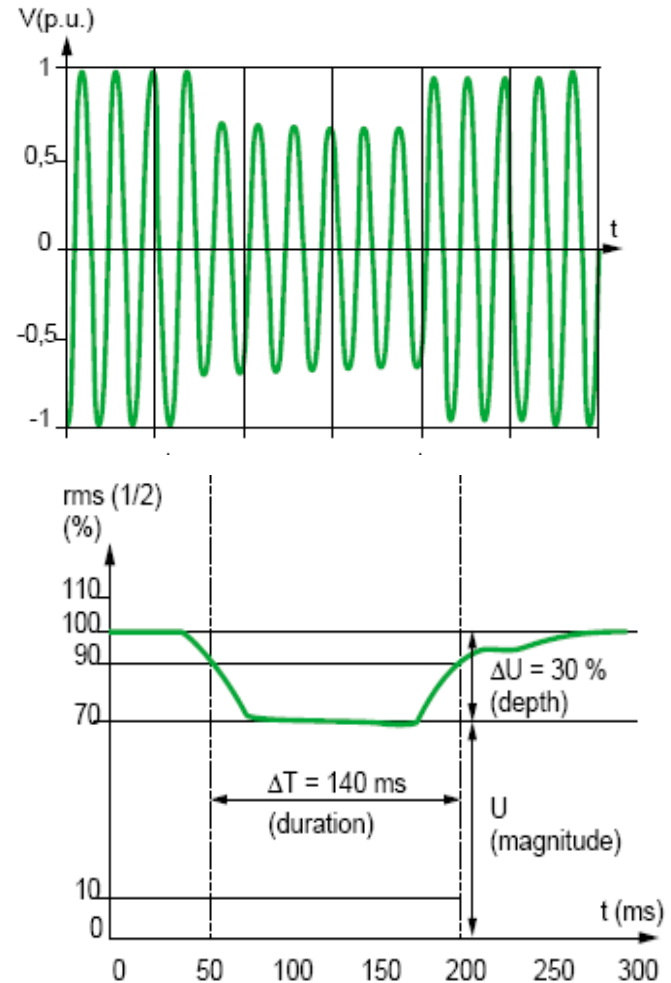
Kvalita elektrického napětí

- Napětové poklesy/přepětí
 - U pod 90% U_n , ale ne pod mez přerušování napětí
- Přerušování napětí
 - U mezi 1% - 15% U_n
- Napětové přepětí
 - U nad 110% U_n
- Napětové přechodné jevy (přepětí při spínání)
 - Frekvenční složky mnohonásobně vyšší než základní frekvence



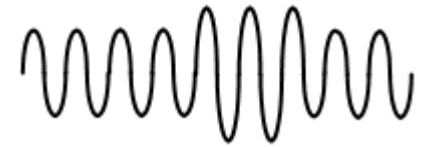
Poklesy napětí

- Napětový pokles je náhlá redukce napětí, po které následuje rychlá obnova napětí na původní úroveň.
- Charakterizovaná:
 - Počátkem
 - Hloubkou napětového poklesu
 - Délkou trvání

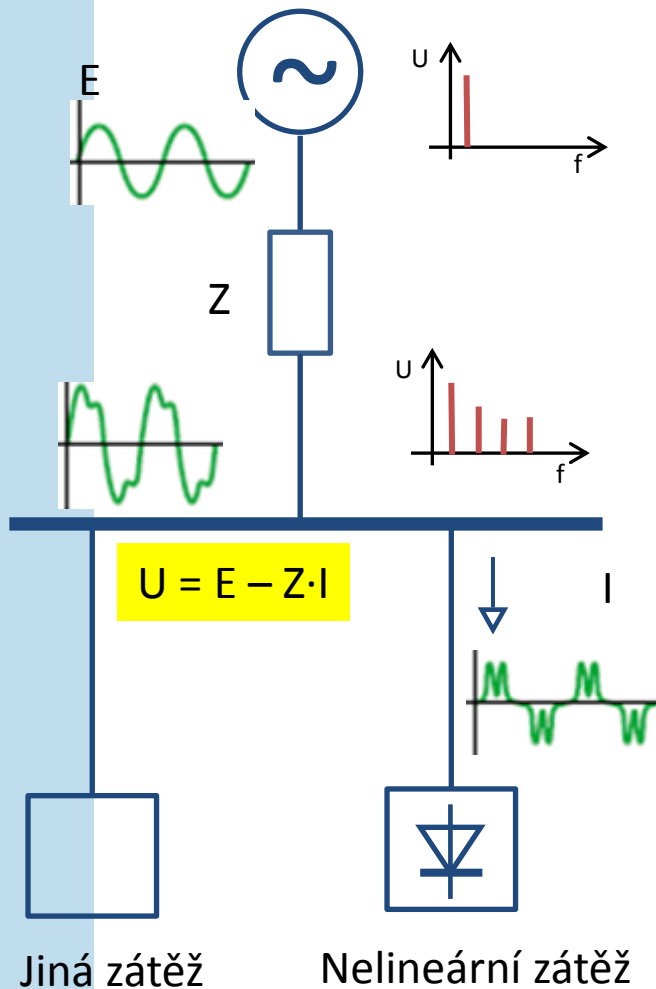


Zvýšení napětí

- Jev na fundamentální frekvenci 50Hz
- Různé příčiny:
 - Earth fault in isolated neutral system or impedance earthed neutral system - voltage of the healthy phases can reach the phase to phase voltage
 - Ferorezonance
 - Přerušení „nulového“ vodiče
 - Překompensování
 - Poruchy na regulátorech alternátorů
 - Spínací procesy při manipulacích



Harmonické a meziharmonické



- Harmonické jsou hlavně způsobovány nelineárními zátěžemi
- PQA vypočítávají pro každé Tw FFT z U signálu
- Frekvenční krok:
 - Harmonické: 50Hz
 - Interharmonické: 25Hz
- Každá harmonická, nebo interharmonická má definovaný limit v % vztažený k U_n

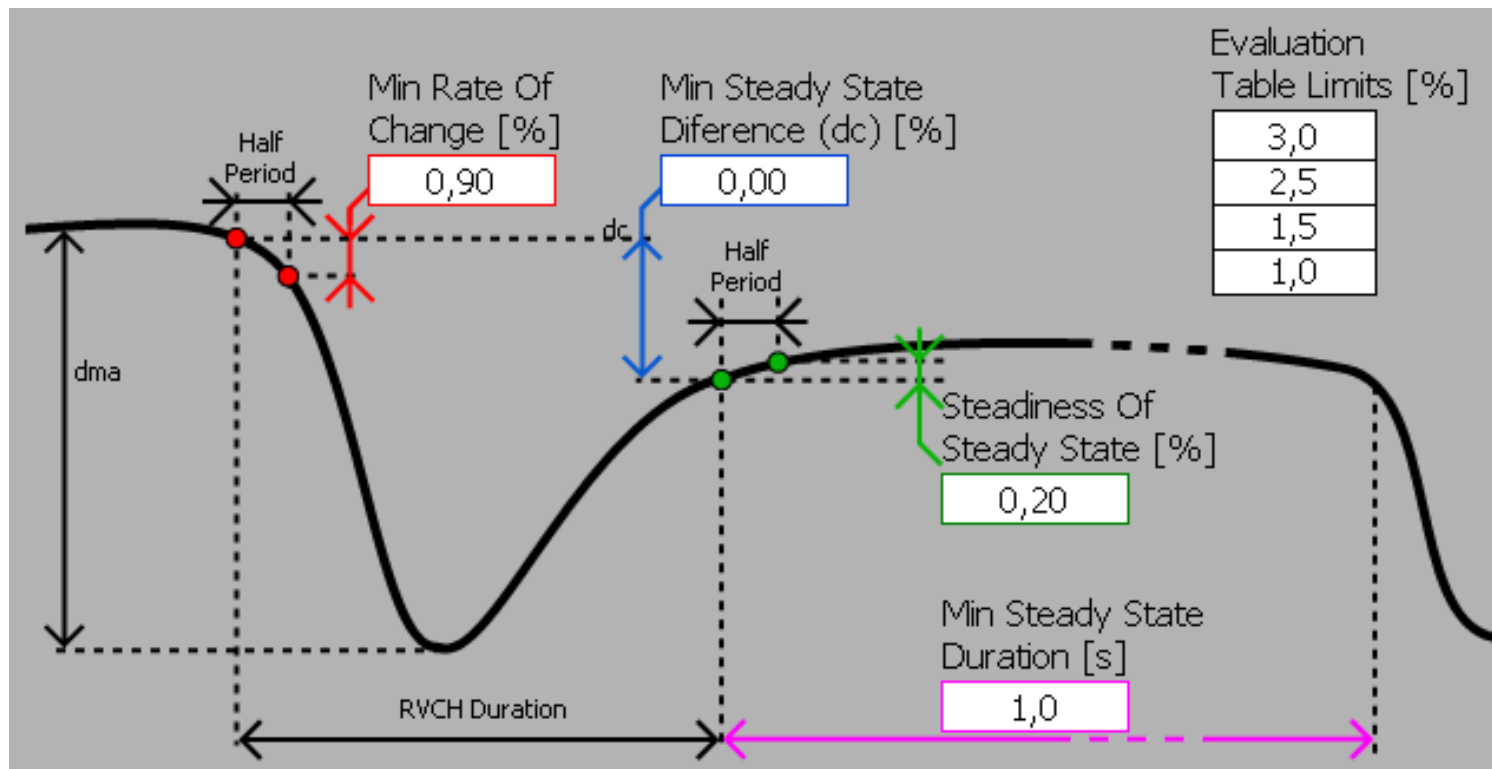
Harmonické zkreslení

- Celkové harmonické zkreslení je definováno jako druhá odmocnina ze součtu kvadrátů efektivních hodnot vyšších harmonických složek dělená efektivní hodnotou základní harmonické (50Hz)
- Normy definují kompatibilní úroveň HD v %

$$THDu = \frac{\sqrt{\sum_{v=2}^N U_v^2}}{U_1}$$

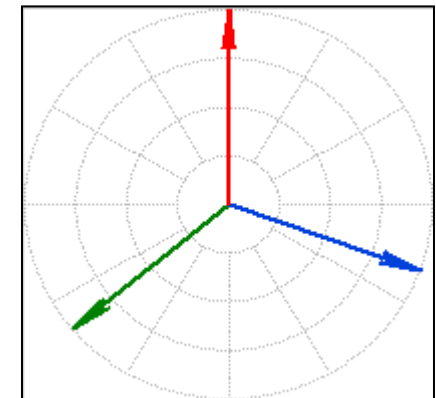
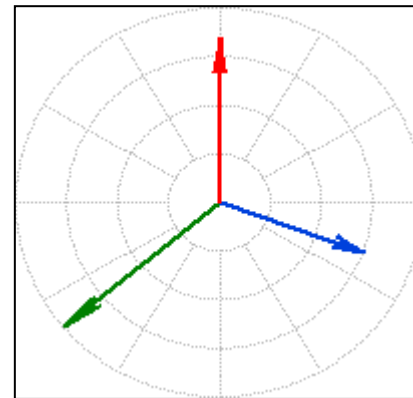
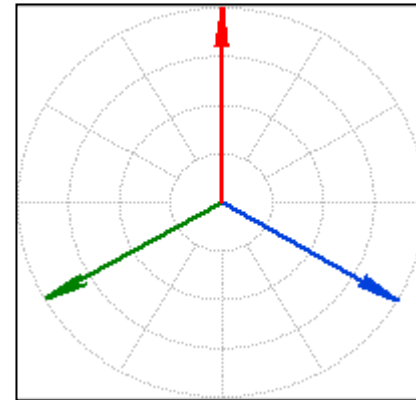
Rychlé napět'ové změny

- Amplituda napětí s mění v rozsahu $U_n \pm 10\%$
- RVCH způsobují flicker.



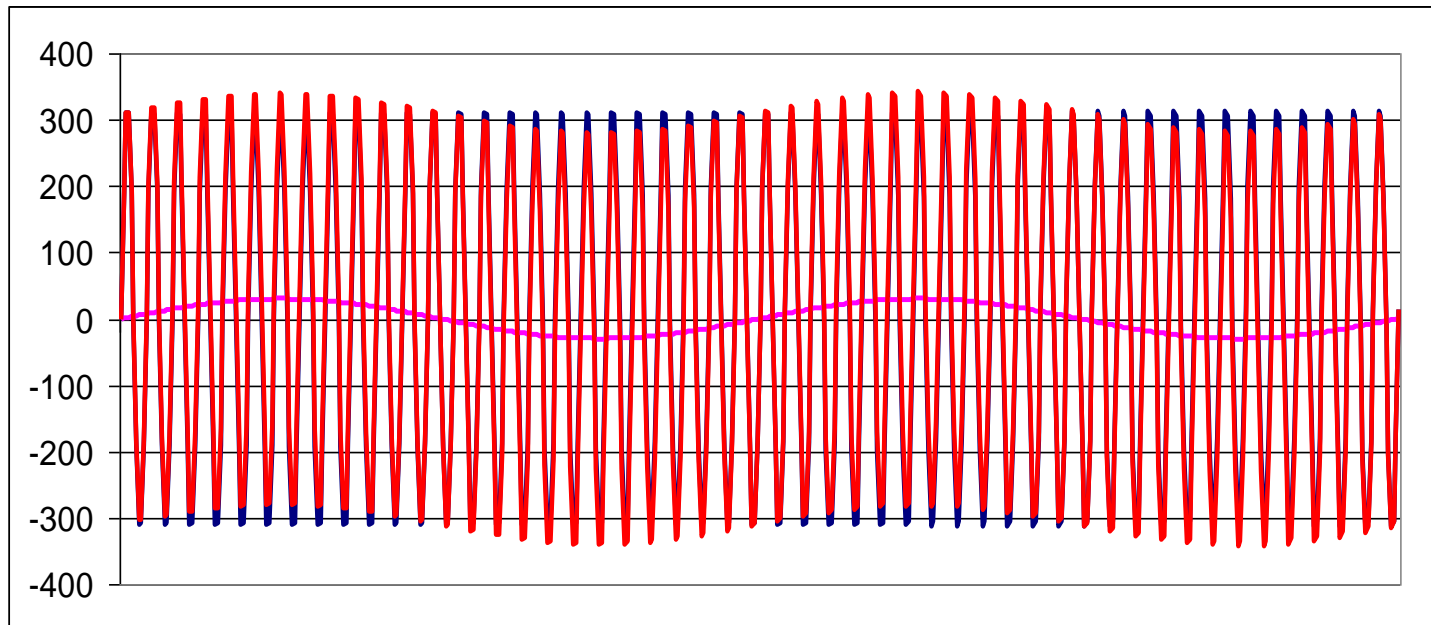
Nesymetrie napětí

- 3-fázový systém vykazuje nesymetrii, jestliže:
 - Efektivní hodnota napětí v jednotlivých fázích není stejná
 - Fázový posun mezi vektory napětí jednotlivých fází není stejný
 - Jsou přítomny oba výše uvedené jevy současně



Flicker

- Definice: Nestálost vizuálního vnímání intenzity osvětlení nebo jeho spektrálního složení v čase

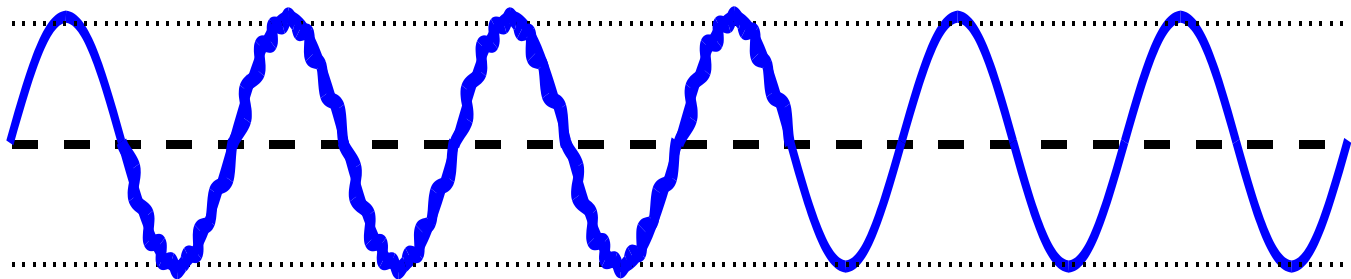


Flicker Pst, Plt

- Řetězec:
 - Světelný zdroj - oko - mozek = flickermetr IEC61000-4-15
- Závisí na:
 - Frekvenci napěťových změn
 - Hloubce napěťových změn
 - typu světelného zdroje: klasická žárovka, výbojka, úsporná žárovka, LED...
- Flicker se vyjadřuje pomocí :
 - Pst...krátkodobý (10 min)
 - Plt...dlouhodobý (2 hodiny)
- Flicker hodnoty 1 odpovídá takové úrovni blikání, které vadí alespoň 50 % vzorku lidí a je definován jako mez rušení.

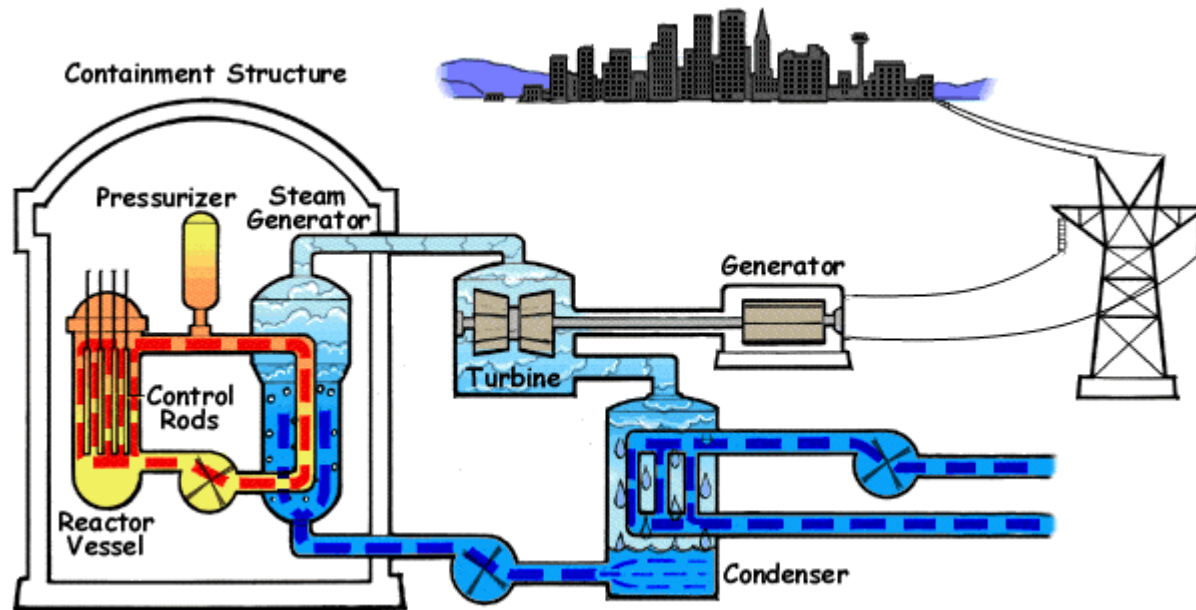
HDO

- Napět'ový signál superponovaný na fundamentální frekvenci 50Hz
- Používá se k ovládání (zapínání/vypínání) významnějších zátěží v energetické síti
- Dovolená amplituda závisí na frekvenci HDO signálu



Sít'ová frekvence

- Frekvence sítě závisí na tom jak se mění parametry zátěže a generátorů.
- V energetické síti je základní podmínkou rovnováha mezi výrobou a spotřebou



IEC61000-4-30 Ed.2 (2008)

- IEC61000-4-30
 - Popisuje měřicí metody, nikoli design měřicích přístrojů a povolené úrovně
- Vliv napěťových a proudových transformátorů je v normě zmíněn, nikoli však detailně řešen.

Třídy přesnosti měření u analyzátorů kvality elektriny

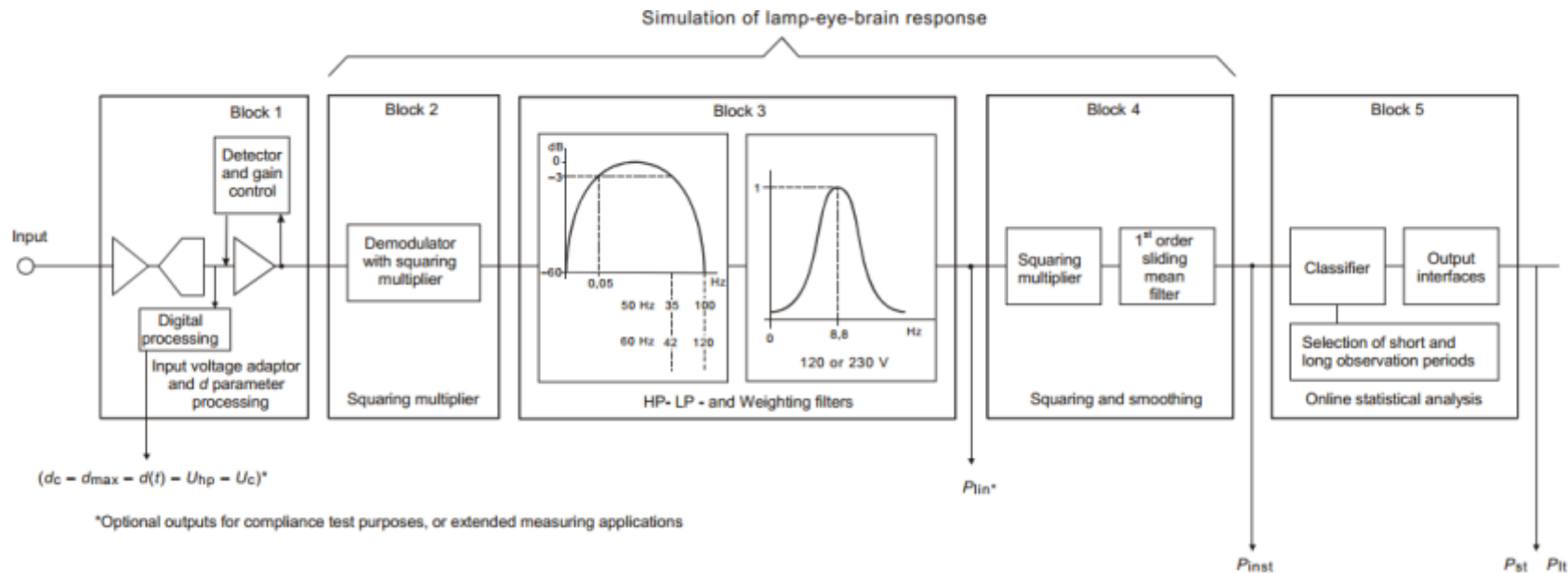
- Podle IEC61000-4-30 Ed.2
- Třída A
 - Používá se pro přesná měření, například pro řešení sporů v souvislosti s kontrahovanými podmínkami dodávky a spotřeby.
- Třída S
 - Kompromis mezi přesností měřicích přístroj a jejich cenou.
- Class B
 - Zastaralé. Nejnižší požadavky na měřicí techniku, Nedoporučuje se pro moderní design přístrojové techniky.

Normy týkající se kvality elektřiny

- IEC61000-4-30 Ed.2 obsahuje provázání s následujícími normami:
 - IEC61000-4-7 - měření napět'ových harmonických
 - IEC61000-4-15 - měření flickeru

IEC 61000-4-15 Ed.2 (2010)

- Flickermetr - funkční a designová specifikace
- IEEE 1453: Doporučená praxe – použití IEC 61000-4-15:2010

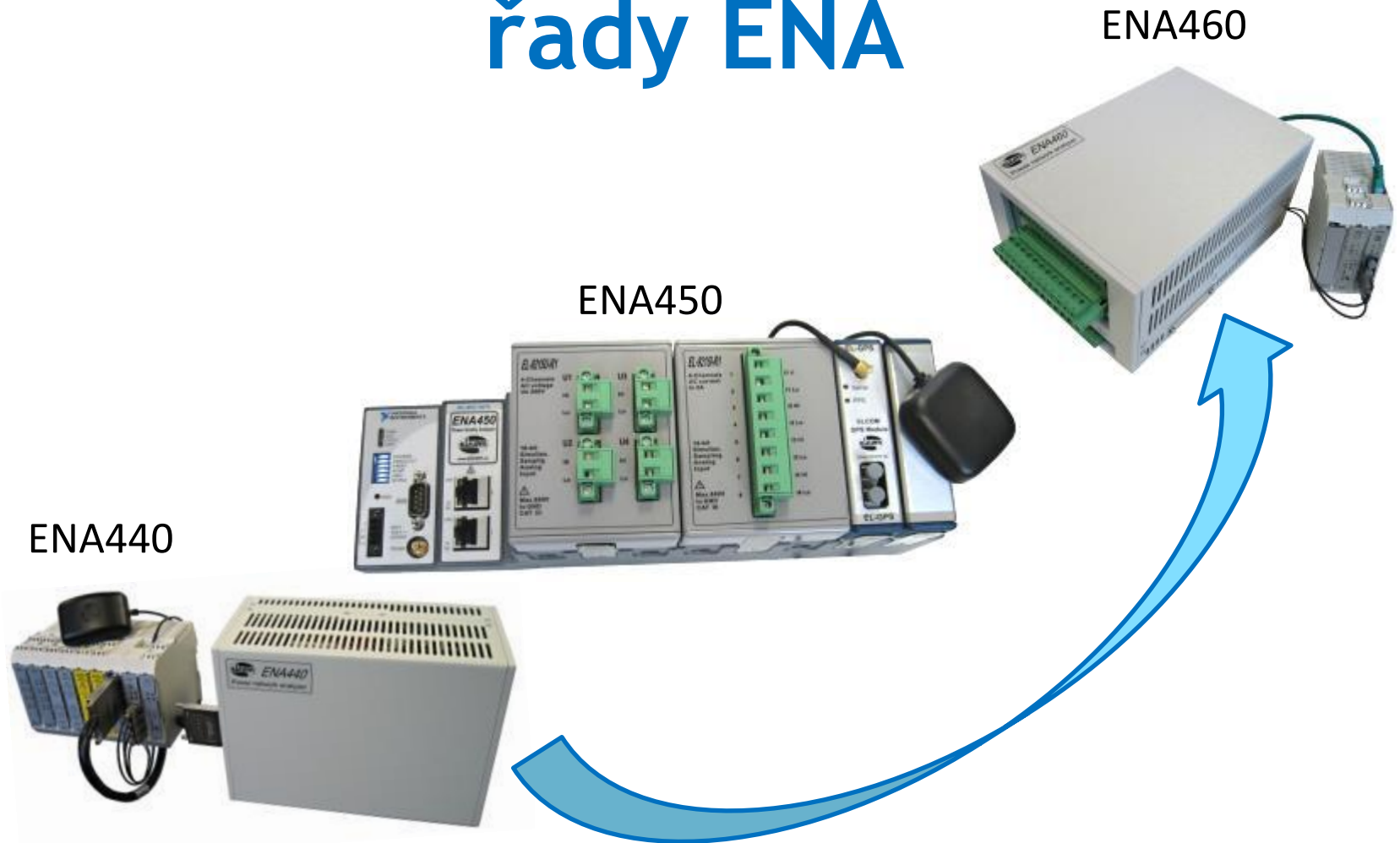


EN 50160

- EN 50160 není IEC normou, ale standardem CENELEC
- EN50160 udává přípustné hodnoty a charakteristiky napětí v distribučních sítích.
- Definiuje “electrický produkt” pro VVN, VN a NN a udává napěťové charakteristiky, které lze očekávat v předávacích místech.



Analyzátory kvality elektřiny řady ENA





ELCOM I/O moduly pro cRIO ENA

- 4x U 300Vrms,
- 4x I 1/5Arms, proudové přetížení 6/15A kontinuálně, 20/100A po dobu 1s
- 4.2kV izolační bariéra
- GPS / GLONASS přijímač



ENA510



- Přenosný analyzátor pro měření na 2 třífázových systémech vybavený dotekovou obrazovkou
- 8 napěťových vstupů 600 V RMS; 8 proudových vstupů pro připojení proudových kleští; 4,2kV izolační bariéra
- 16 digitálních vstupů, externí GPS přijímač
- Může fungovat jako analyzátor kvality elektřiny a současně jako PMU

ENA460



- Určen pro montáž na DIN lištu
- Vzorkovací frekvence 12kS/s
- 4 napěťové vstupy
75/150/300/600V, 4.2kV izolační bariéra, 600 kOhm
- 4 proudové vstupy 1A, 5A, 4.2kV izolační bariéra
- 0.1% TVE (při použití jako PMU)
- 8 digitálních vstupů
- Až 16 GB paměti na CF paměťové kartě

PQA SW komponenty

- ENA-Node -firmware PQA
- ENA-Touch -PQA user interface.
- ENA-Report - nástroj pro „off-line“ zpracování měřených PQA dat



ENA-Node = ENA450 firmware

- FFT analyzátor
- Vectorový analyzátor
- Monitor toku výkonů
- Flickermetr
- EN50160
- Analyzátor impedance sítě
- Monitor půl periodových hodnot napětí
- Transient Recorder (9.6kS/sec)
- Monitor HDO
- Monitor DIO

ENA450 SW

ENA450 - cRIO

Firmware

ENA-Node

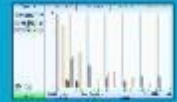


Local Data Storage

Remote PC

Software

ENA-Touch



ENA-Report



Remote Data Storage

TCP/IP



ENA-Touch = ENA450 User Interface





ENA-Report

Local - ENA-Report

ENA-Report, PostProcessing PQM

User, Project, Measurement

| | Select | Start Time | FFT | FFP | POW | ENE | PQM | TRA | TEL | ALA | RMS | DIG |
|--------------|-------------------------------------|--------------------|-------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| CustomerA | | | | | | | | | | | | |
| DEFAULT | | | | | | | | | | | | |
| ELCOM | | | | | | | | | | | | |
| DEMO | | | | | | | | | | | | |
| Demo Meas 01 | <input checked="" type="checkbox"/> | 14:27:00 7.6.2006 | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | | | | | | |
| Demo Meas 02 | <input type="checkbox"/> | 2:00:00 13.6.2006 | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | | | | | | |
| Demo Meas 03 | <input type="checkbox"/> | 12:40:45 16.5.2007 | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | | | | | | |
| Demo Meas 04 | <input type="checkbox"/> | 16:54:34 9.1.2007 | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | | | | | | |
| Demo Meas 05 | <input type="checkbox"/> | 9:30:00 2.1.2006 | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | | | | | | |
| Demo Meas 08 | <input type="checkbox"/> | 15:50:00 6.3.2008 | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | | | | | | |

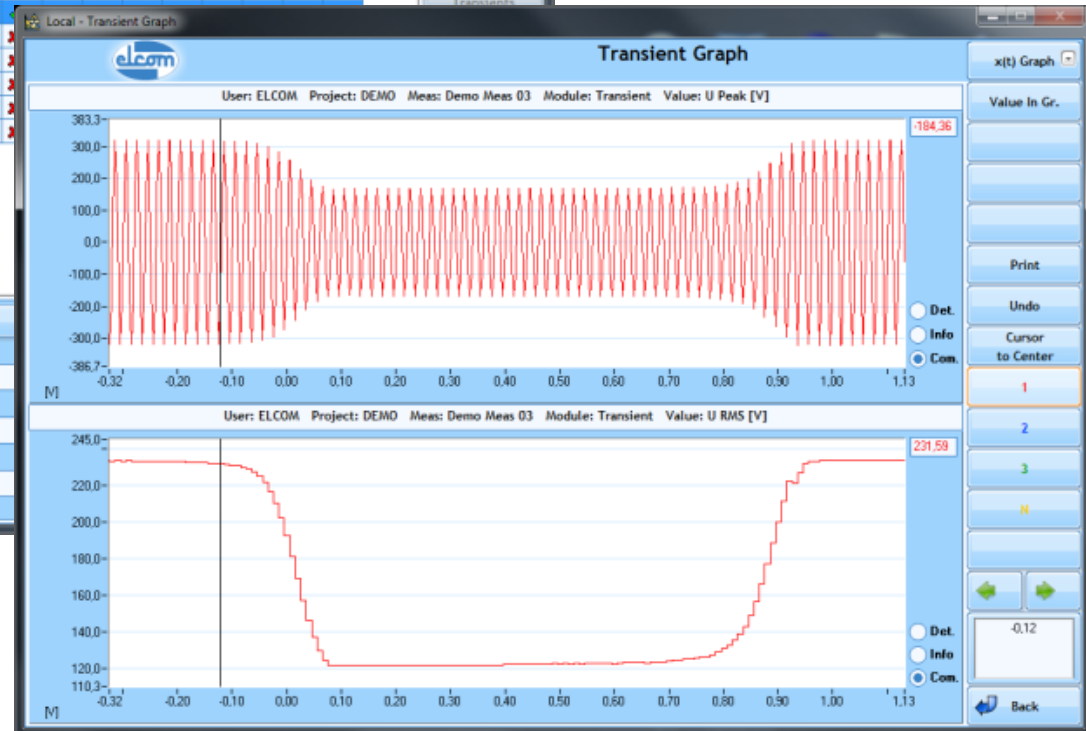
Meas Info

Start Time: 14:26:00 7.6.2006 Stop Time: 1:59:01 12.6.2006

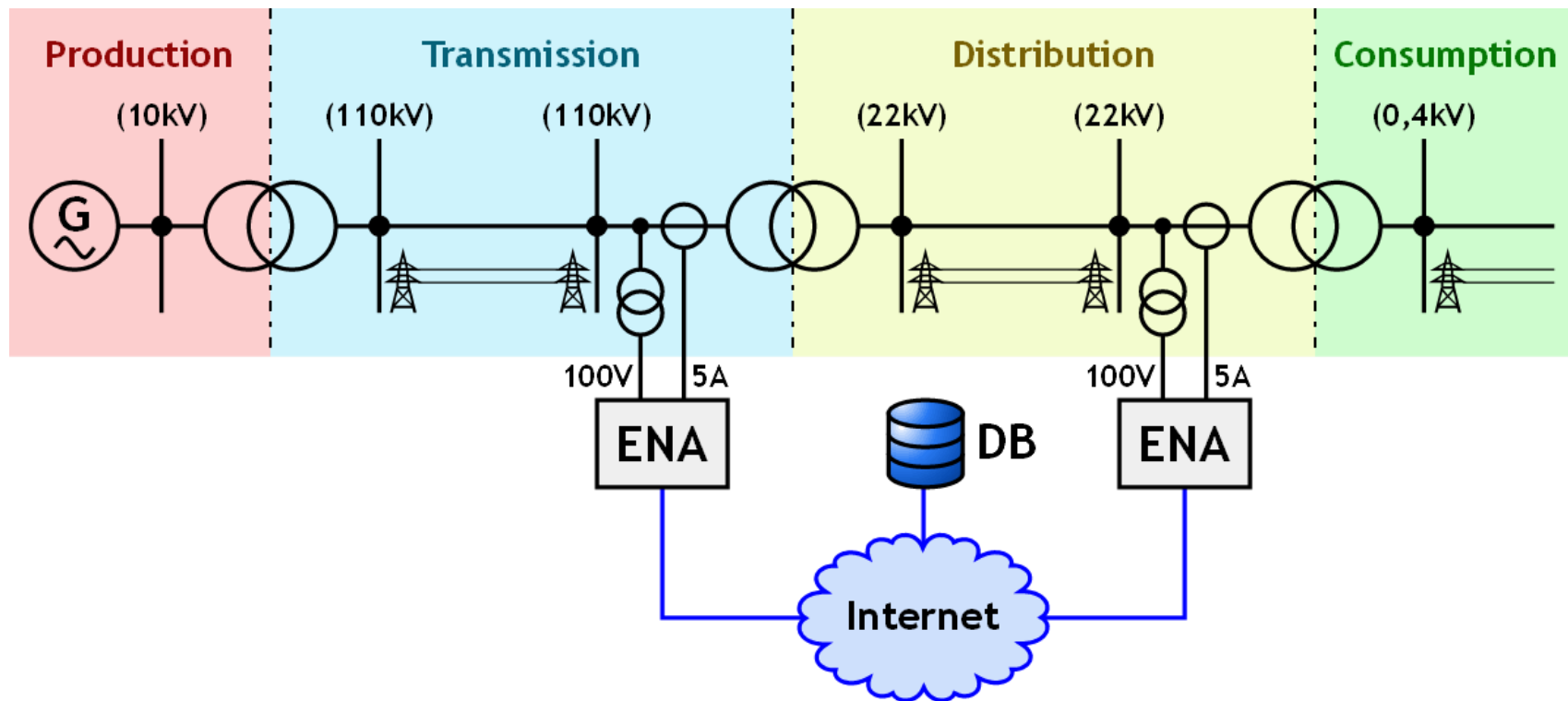
Location: ELCOM, a.s.

Note: Periodic Measurement

Buttons: x(t) Graph, Histogram, FFT, 50160, Transients

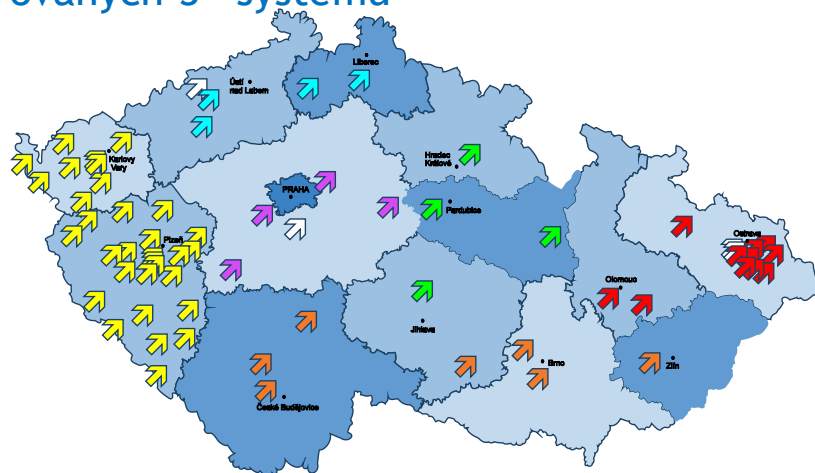


Instalační místa pro PQA



Realizované instalace v ČR

- ČEZ
 - 45 multi-systému PQA, 146 monitorovaných 3~ systémů
 - 42 jedno-systémových PQA
- E.ON
 - 34 jedno-systémových PQA PQAs
- ČEPS
 - 35 PMUs
- SEPS
 - 36 jedno-systémových a více systémových PQA, 54 monitorovaných 3~ systémů
 - 2 přenosné PMU, 8 PMU pro fixní instalaci v rozvodnách





Děkuji za pozornost !