

Vliv kvality elektřiny na energetickou bilanci

Brno
11.9.2012

Ing. Jaroslav Smetana

Zdroje úspor

Finanční úspory (ztráty) X Skutečné snížení spotřeby

Získání lepší ceny elektřiny od distributora.

Měření na vstupu do závodu - elektroměr

1. Hlídání $\frac{1}{4}$ maxima (**a odpojování částí technologie**)
2. Kompenzace účinníku
3. Sledování vlivu harmonického rušení směrem ven ???
4. EN50160 ???

**Snížení odběru ve vhodnou chvíli není úspora
Narušuje výrobu**

Elektrická energie jako surovina

Co je to kvalita el. energie?

Kvalita elektrické energie

Pro potřeby vztahu dodavatel/odběratel - energetický zákon

Parametry popisuje norma ČSN EN 50160



...ŘEŠENÍ PRO VAŠE MĚŘENÍ

Parametry	Akceptovatelné limity	Měřicí interval	Perioda monitorování	Akceptovatelný výskyt
Frekvence sítě	49.5Hz - 50.5Hz 47Hz - 52Hz	10 s	1 týden	95% 100%
Pomalé změny napětí	230V 10%	10 min	1 týden	95%
Překmity a poklesy napětí (≤1min)	10 až 1000 krát za rok (pod 85% jmenovité)	10 ms	1 rok	100%
Krátká přerušení (≤ 3min)	10 až 100 krát za rok (pod 1% jmenovité)	10 ms	1 rok	100%
Poruchová dlouhá přerušení (> 3min)	10 až 50 krát za rok (pod 1% jmenovité)	10 ms	1 rok	100%
Přechodná přepětí (L-N)	Většinou < 1.5 kV	10 ms	Neurčen	100%
Transienty (L-N)	Většinou < 6kV	Neurčen	Neurčen	100%
Napěťové nevyvážení	Většinou 2% ale nejvíce 3%	10 min	1 týden	95%
Harmonické složky napětí	8% celkového harmonického rušení (THD)	10 min	1 týden	95%

Elektrická energie jako surovina



Kvalita elektrické energie

Pro potřeby úspor a zdravého provozu

**Dodržení parametrů dle ČSN EN 50160
je nedostatečné !!!**

Cesta k úsporám?

**Snaha o udržení optimálních pracovních podmínek
výrobních zařízení!**

Jak toho dosáhnout?

- 1. Znát stav => Měřit**
- 2. Opravit**
- 3. Kompenzovat**

Proč nestačí jen elektroměr



...ŘEŠENÍ PRO VAŠE MĚŘENÍ

Vlastnosti elektrické energie - optimální stav:

Stabilní frekvence (50 Hz)
Stabilní velikost napětí(U_n)
Harmonický průběh (sinusová vlna)
Vyvážená 3f soustava (amplituda, fáze),

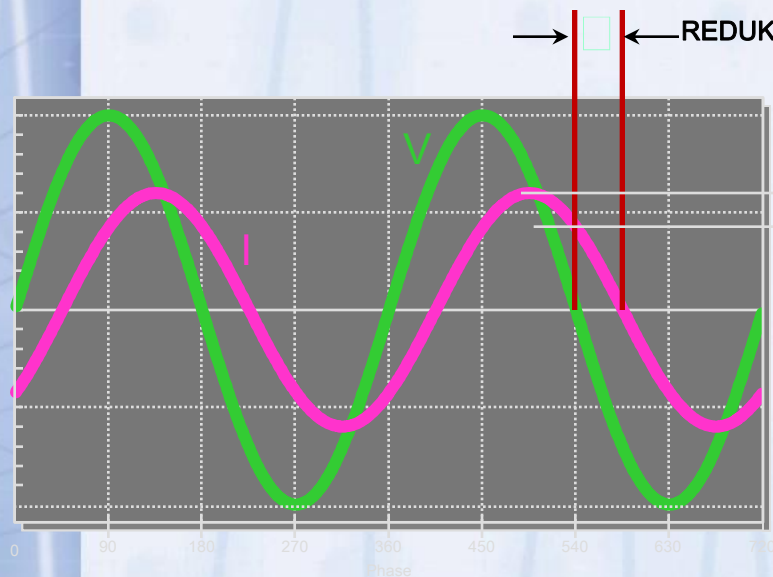
Vlastnosti elektrické energie - skutečnost

- Kolísání napětí (poklesy - překmity - výpadky)
- Účíník (rychlé změny)
- Přechodná přepětí (rychlé špičky)
- Napět'ová nesymetrie
- Harmonické a inter-harmonické složky

Odchylka od optimálního stavu – od minimální spotřeby

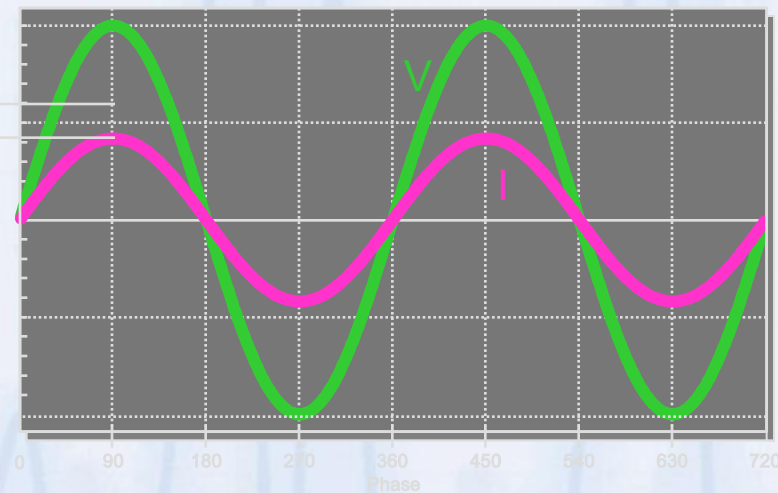
Účinník

BEZ KOMPENZACE



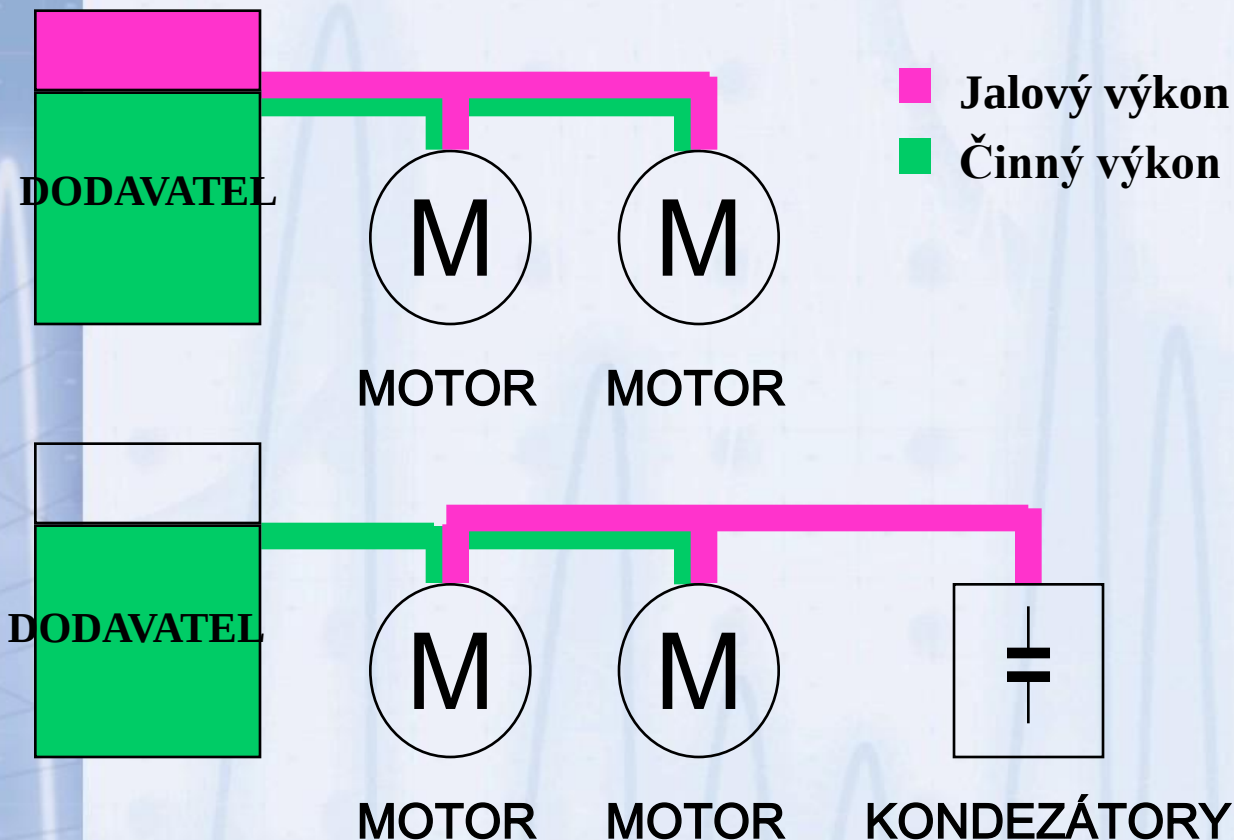
Fázový rozdíl mezi proudem a
napětím

S KOMPENZACÍ



Proud a napětí ve fázi

Snížení spotřeby



Celkový výkon (kVA) sestává z činného výkonu (kW) který vytváří energii a reaktivního výkonu (kVAr) spotřebovávaného induktivními stroji.

Reaktivní výkon snižuje kapacitu zdroje energie a vytváří přídavné ztráty.

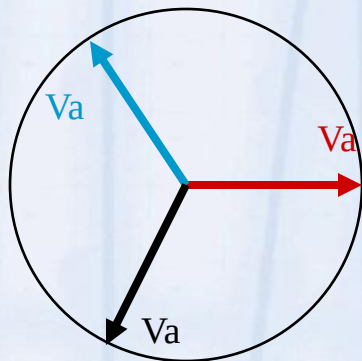
Napět'ová nesymetrie

Vyvážená soustava

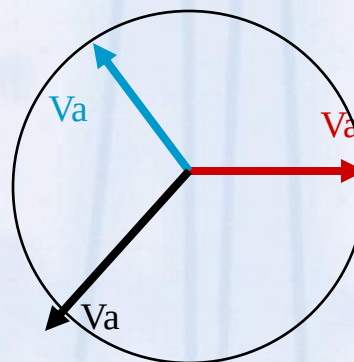
Všechny tři vektory napětí mají stejnou amplitudu
A jsou vzájemně posunuty o 120

Nevyvážená soustava

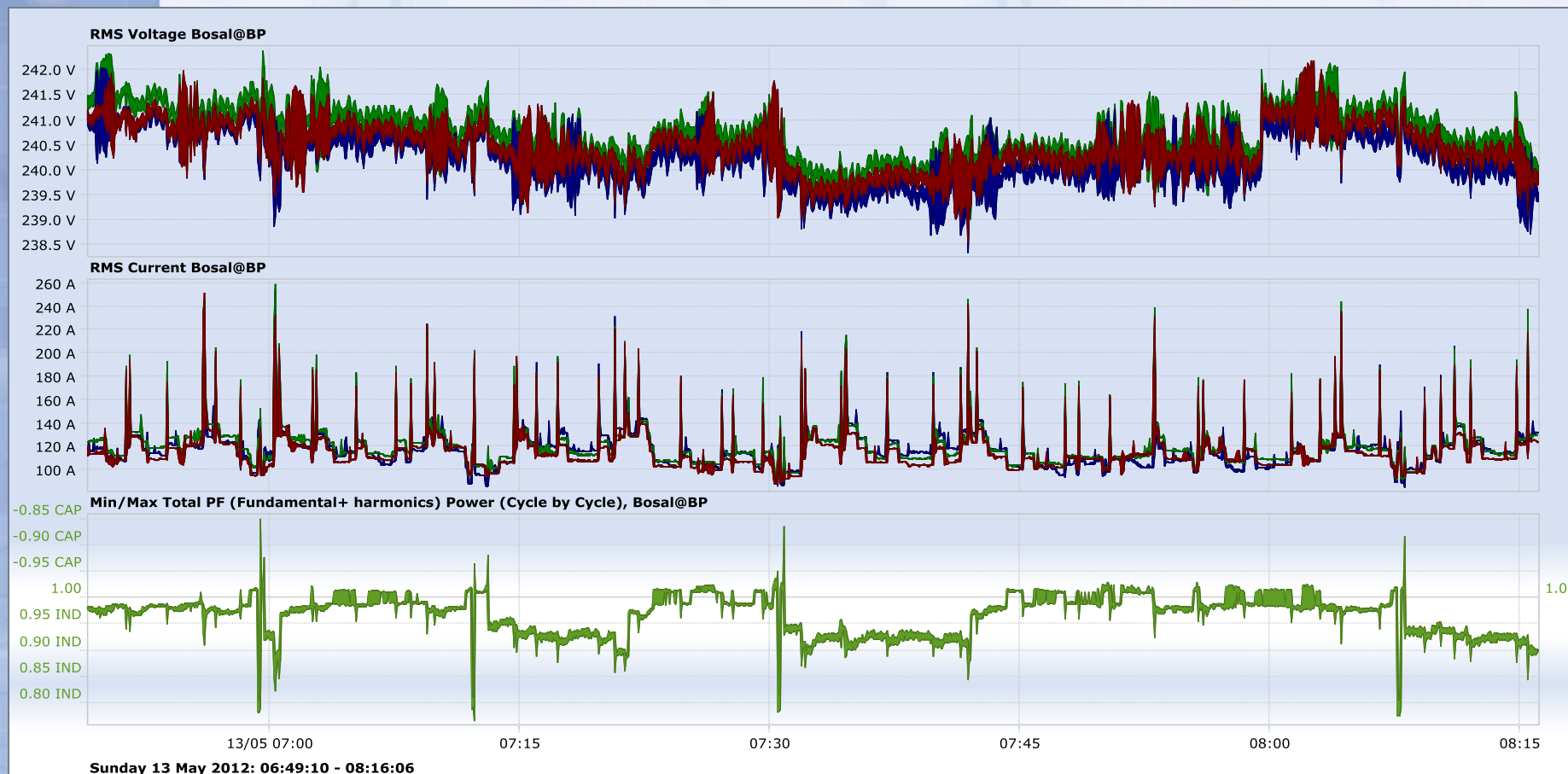
Nesplňuje podmínky vyvážené soustavy



Vyvážená soustava



Nevyvážená soustava



Napět'ová nesymetrie

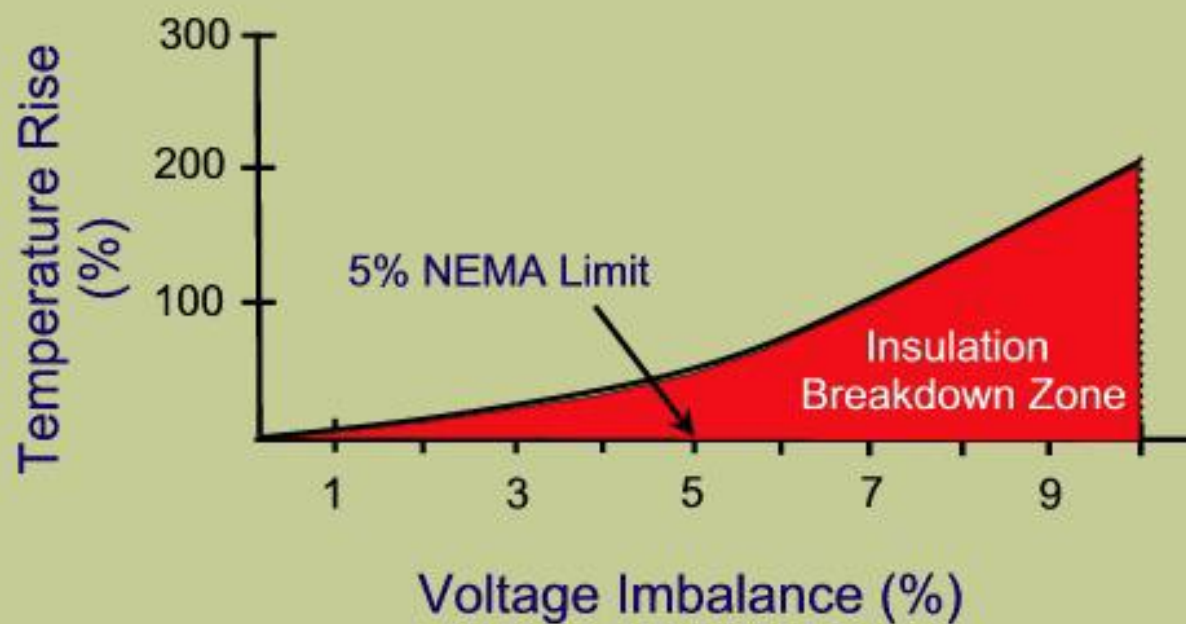
Důsledky napět'ové nesymetrie

Třífázový indukční motor

- Malé napět'ové nevyvážení na motoru způsobuje proudové nevyvážení, které je několikrát vyšší
- Vinutím plně zatíženého motoru pak protéká proud vyšší než dovolený → velké ztráty
- Důsledky:
 - Vyšší teplota
 - Snížená životnost izolace
 - Riziko přetížení
- **Příklad: Na 3-f motoru způsobuje 1% napět'ové nevyvážení 6% - 9% nevyvážení proudu.**

Motor Overheating

Imbalanced Phase Voltages



Napět'ová nesymetrie

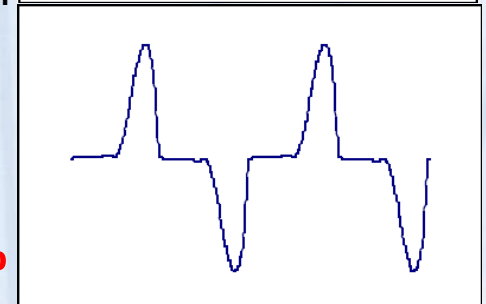
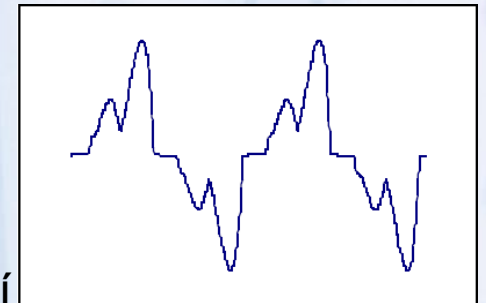
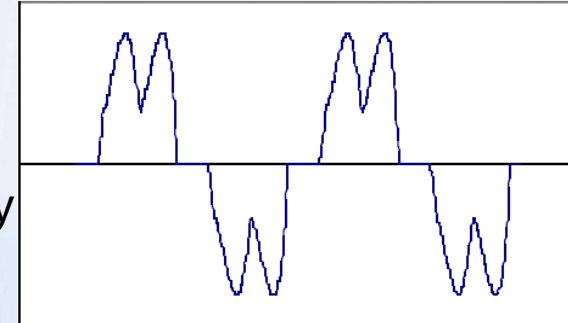


...ŘEŠENÍ PRO VAŠE MĚŘENÍ

Důsledky napět'ové nesymetrie

Řízený pohon

- Třífázový uzměrňovač
- Ve vyváženém systému jsou proudy fází dvojpulzy za polovinu cyklu se známými harmonickými (5., 7., 11., 13...)
- V nevyváženém systému dojde k odchylce od dvojitého pulzu.
- Vytvoří se necharakteristické harmonické v násobku 3.
- Důsledek je vypínání pohonu v důsledku zvětšení napájecího proudu a podpětí uvnitř měniče. To vede také i tepelnému stresu diod a kapacitorů měniče!
- **Zde 1% napět'ového nevyvážení vede na 15% a více proudového nevyvážení!**



Kolísání napětí

Příčina vzniku:

- Rychle se měnící odběry
- Rozběh velkých pohonů
- Špatné uzemnění
- Odrazy na vedení
- Atmosférické poruchy
- Zkratky na vedení

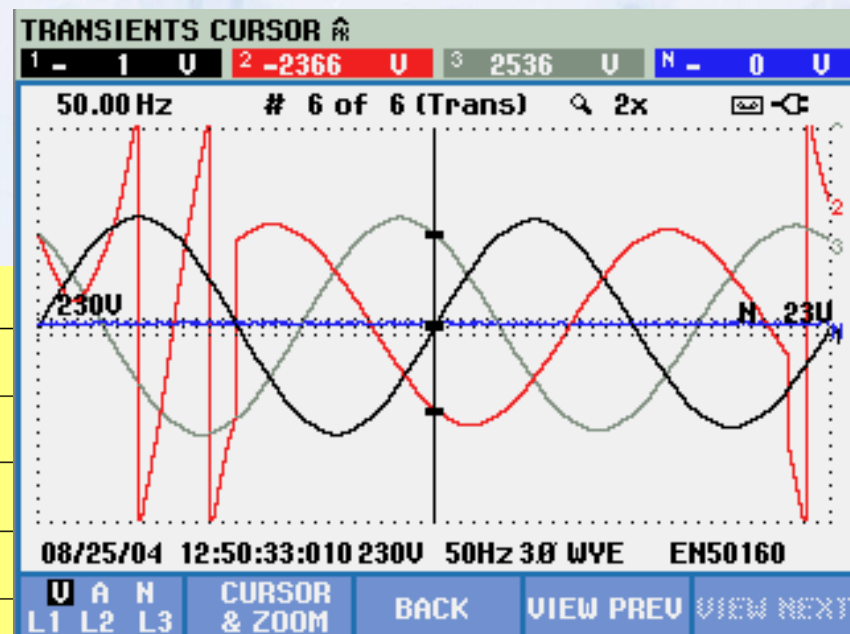
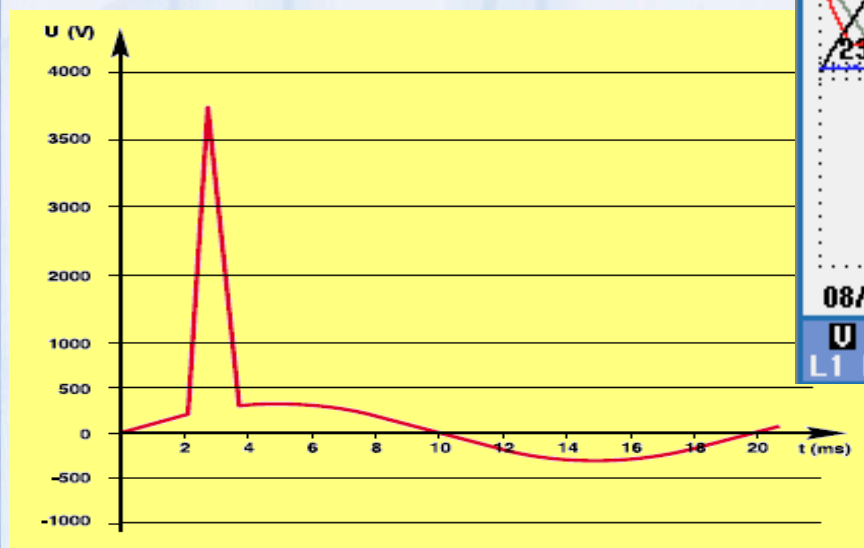
Následky:

- Výpadky výrobních zařízení - Prostoje
- Přetížení
 - Nadměrný ohřev
 - Poškození izolace
 - Zkrácení životnosti stroje
- Poškození výrobních zařízení změnami napětí

Přechodná přepětí impulzní napětí - špičky

Délka trvání kratší než jedna
perioda

Maxima až jednotky kV



Přechodná přepětí impulzní napětí - špičky

Příčina vzniku:

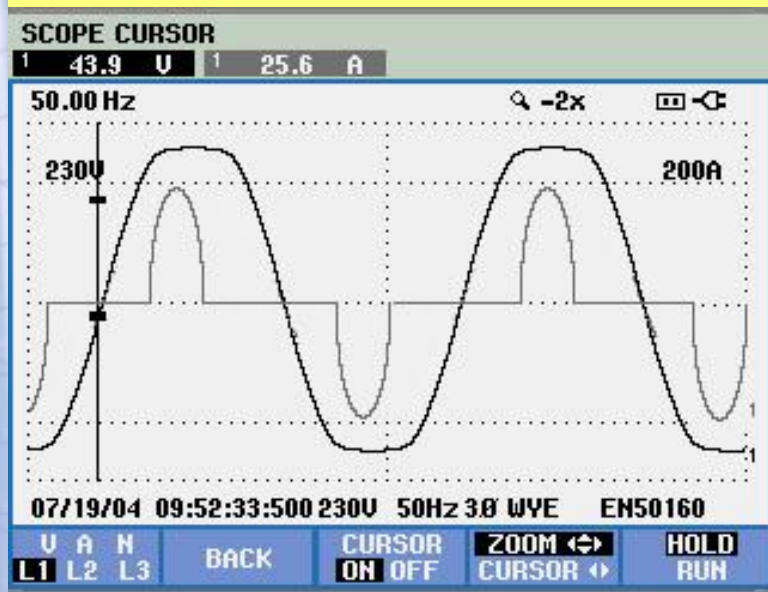
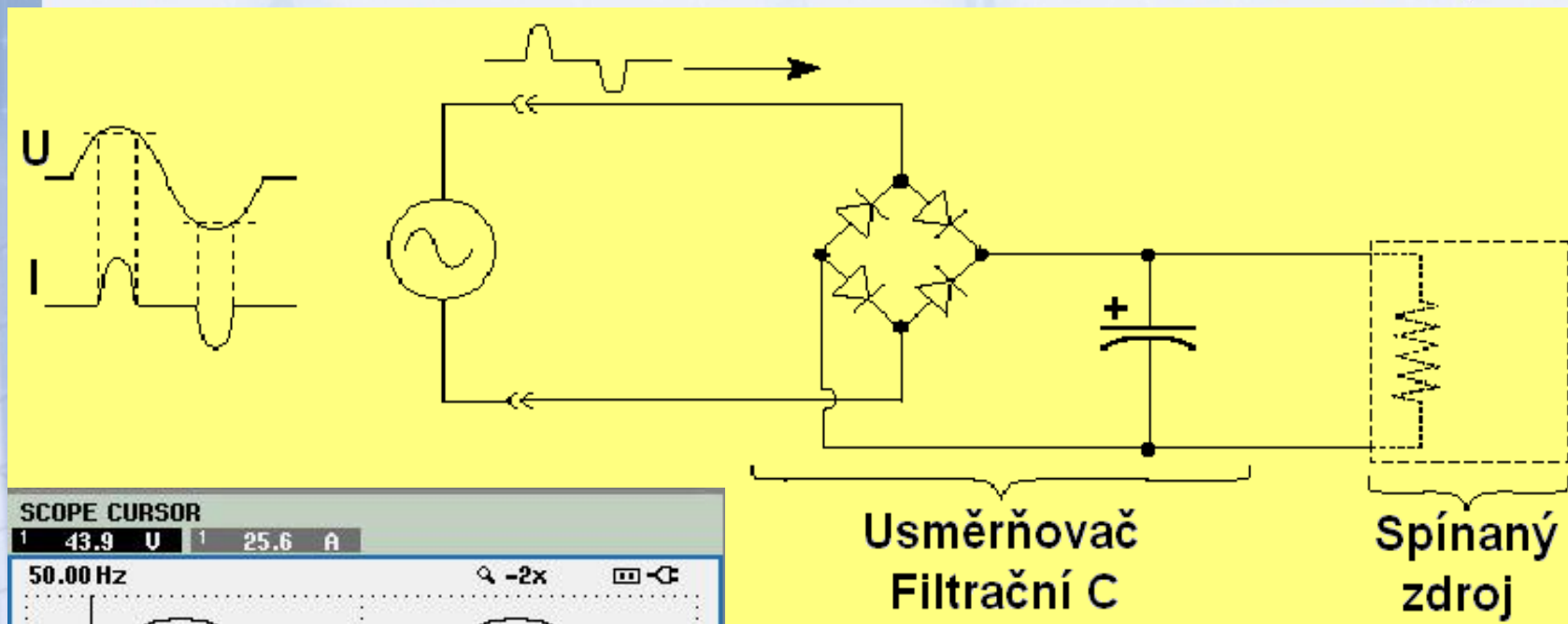
- Spínání a rozpínání zátěží
- Atmosférické poruchy
- Zkrat na vedení

Následky:

- Výpadky výrobních zařízení - Prostoje
- Výpadky napájení vlivem zásahu přepět'ových ochran
- Napět'ové průrazy - Poškození izolace

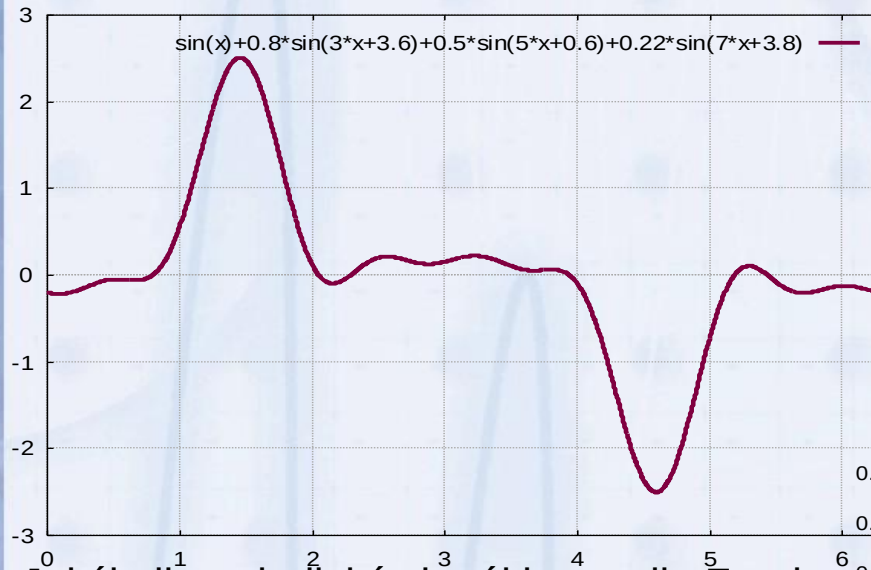
Harmonické

Podstata harmonické zkreslení



Harmonické

Rozklad neharmonického proudu na dílčí harmonické složky

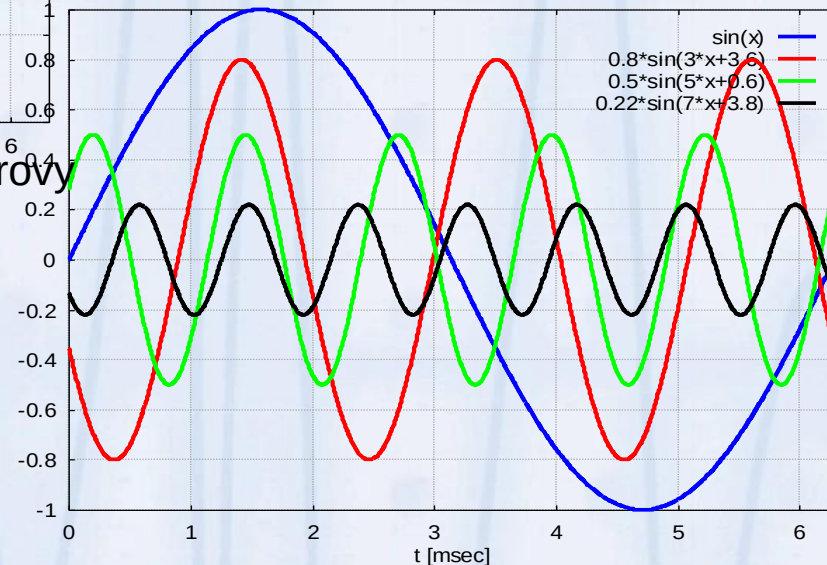


Jakýkoli periodický signál lze podle Fourierovy řady rozložit na dílčí harmonické složky.

Základní harmonická (50 Hz)

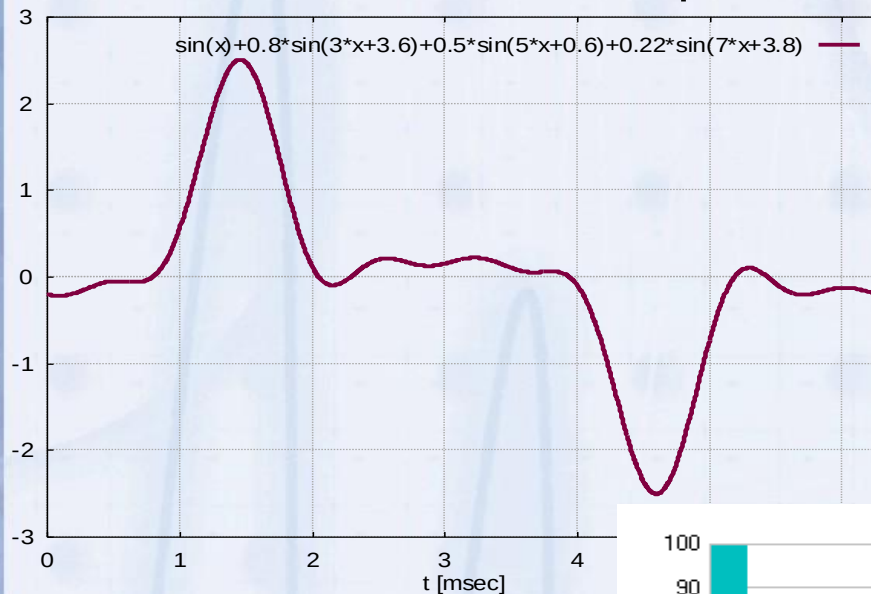
Vyšší harmonické – (100, 150, 200, ... Hz)

Násobky základní harmonické

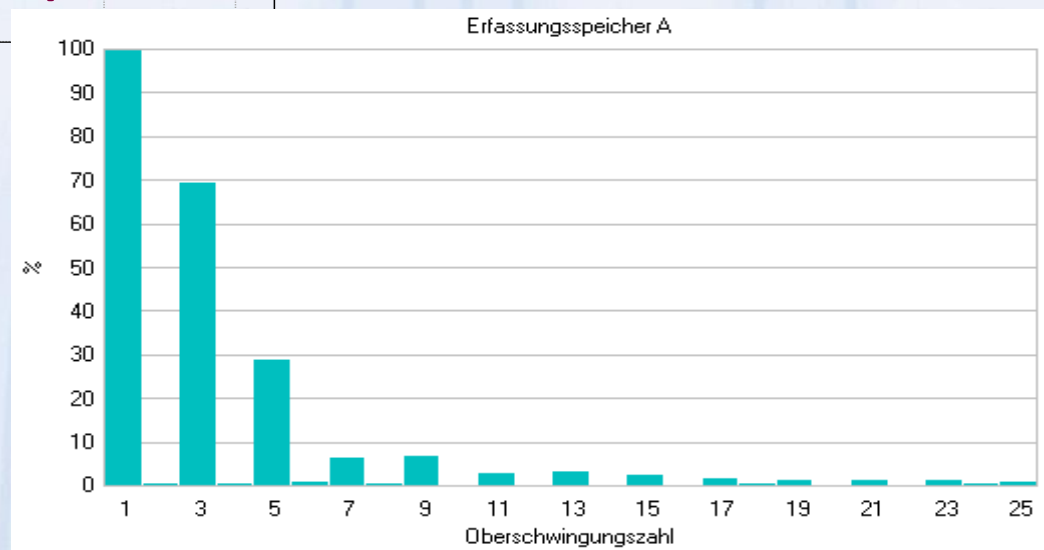


Harmonické

Rozklad neharmonického proudu na dílčí harmonické složky



Spektrum signálu



Zdroje harmonických

Lineární a nelineární zátěže

- většina dnes užívaných zařízení se chová spíše jako nelineární než lineární zátěž.

Obecně

- připojování zařízení produkujících neharmonické proudy jako jsou
- záložní zdroje
- regulátory rychlosti, zářivky, výbojky a většina domácích spotřebičů, jako **televizory, počítače** atd.

Zdroje harmonických

- **Asynchronní motory řízené elektronickými regulátory otáček**
 - změna frekvence a amplitudy napájecího proudu
 - pulsní regulátory - napěťové řízení
- **UPS -nepřerušitelné zdroje proudu**
 - Výstupní proud UPS je nesinusový s vysokým obsahem harmonických
- **Asynchronní motory, transformátory, alternátory**
 - Nedokonalosti způsobené nesymetrií vynutí motorů, transformátorů a alternátorů generují harmonické proudy s nízkým stupněm zkreslení.

Harmonické vlastnosti a směr

- Každá harmonická má svůj vlastní směr

Harmonic	1st	2nd	3rd	4th	5th	6th	7th
Frequency	50 Hz	100 Hz	150 Hz	200 Hz	250 Hz	300 Hz	350 Hz
Sequence	+	-	0	+	-	0	+

Even harmonics indicate a DC offset in the system!

Zdroje harmonických

- **Elektronické předřadníky zářivek a výbojek**
- Proud protékající zářivkou je nesinusový s vysokým stupněm lichých harmonických složek.
- **Stmívače světla**
- Tyristorové regulátory produkují vysoký stupeň lichých harmonických.

Harmonické

Harmonické složky jsou sudé a liché násobky základní frekvence F_1

Tedy $F_1 \times 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, \dots$

Z energetického hlediska jsou nejproblematictější harmonické složky liché

3, 5, 7, 9, 11, 13,

Sudé harmonické se v ustáleném stavu prakticky nevyskytují

**Sudé harmonické signalizují přítomnost stejnosměrné složky,
která je velmi nebezpečná**

Harmonické vyšších řádů působí problémy z hlediska rezonancí a rušení citlivých obvodů

Velmi důležité jsou harmonické řádů násobků tří – 3., 9, 15, 21, ...

Mají nulovou sekvenci na rozdíl od základní složky, která má sekvenci kladnou.

Tyto složky se tedy sčítají na nulovém vodiči v soustavě s uzlem

V soustavách do truhelníka jsou potlačeny zapojením soustavy

3. Harmonická

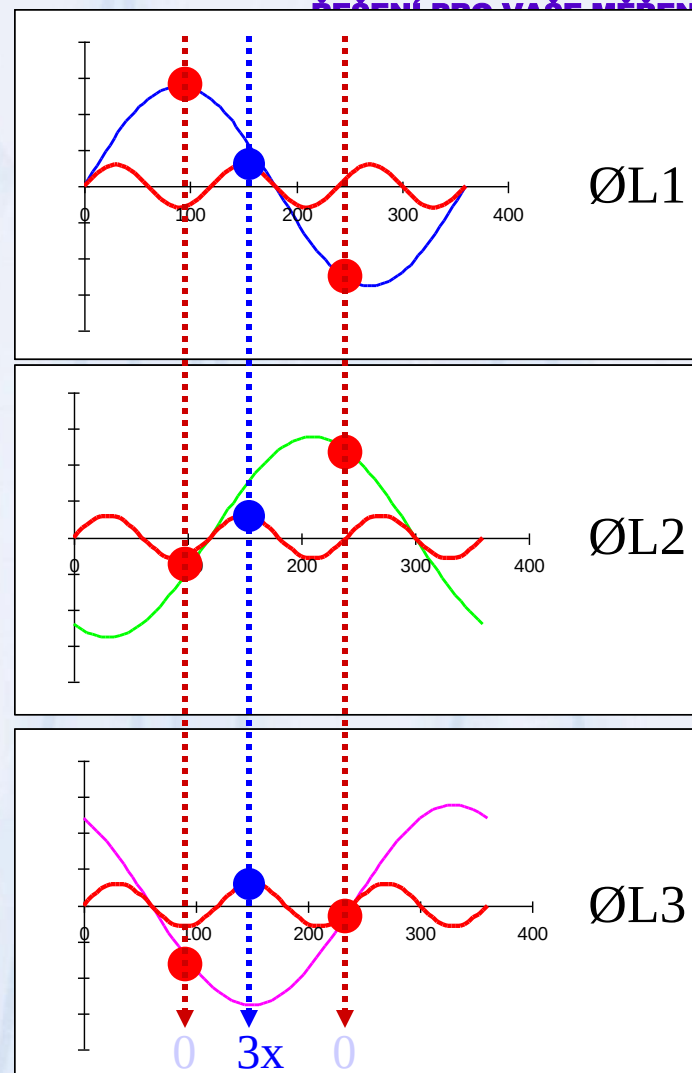
3 – fázová soustava

Základní harmonické jsou posunuty o 120° (tj. 1/3 periody)
=> 3. Harmonické jsou ve fázi.

Důsledek:

Ve fázových vodičích se 3. Harmonická a její násobky neprojeví.

Nulovým vodičem protéká proud, jež se rovná součtu třetích harmonických.



5. a 11. Harmonická

- 5. a 11 harmonická je velmi důležitá vzhledem k jejich negativní sekvenci.
- Opačné směr otáčení proti složce základní
- U 3 fázového motoru 5. a 11. vytváří točivý moment opačného směru než základní složka. Brzdí otáčení motoru.
- Pro dosažení jmenovitého momentu motor odebírá větší proud
 - Vyšší spotřeba
 - Vybavování nadproudových ochran
- Zdrojem 5., 7. a 11. harmonické jsou 6-ti pulzní měniče a řízené pohony
- Zdrojem 11. a 13. harmonické jsou 12-ti pulzní měniče a pohony.

Vlivy harmonických dva typy

- **Okamžité vlivy**
 - Poruchy při provozu ochranných prvků
 - Relé, chráničů , pojistek...
- **Středně a dlouhodobé vlivy**
 - Přehřívání zařízení
 - Zkrácení životnosti
 - Zvýšení spotřeby

Vlivy harmonických

Souhrn elektrických zařízení ovlivňovaných harmonickými

- **Výkonová elektronika**
- **Počítače**
- **Ochranné prvky**
 - pojistky, chrániče, ...
- **Elektroměry**
- **Výbojky**
- Problémy funkce vlivem rušení. Přídavné dielektrické ztráty vedoucí k poškození výkonových kondenzátorů
- Funkční problémy spojené s rušením.
- náhodné nebo předčasné vybavení..
- Chyby při měření.
- Riziko kmitání vlivem 2.harmonické

Vliv kvality el. energie na výrobní zařízení

Přepětí
Podpětí

Nadměrný proud
Přehřívání

Nesymetrie

Přetížení
Tepelné ztráty
Vibrace



Napět'ové průrazy
Poškození izolace

Přechodné
jevy

Nadměrný odběr
Snížená životnost

Tepelné ztráty
Přehřívání

Harmonické



Vliv kvality el. energie na výrobní zařízení

Přepětí
Podpětí

Výpadky
Prostoje

Výpadky
Ušlý zisk

Nesymetrie

Přetížení soustavy
Vznik nesymetrie



Napět'ové průrazy
Poškození izolace

Přechodné
jevy

Zvýšené ztráty
Snížená životnost

Přetěžování soustavy
Vlivem přenosu harm.

Harmonické

Odstraněním vlivu:

naměťového a proudového nevyvážení
vlivu harmonických složek

(oprava filtrů, výměna motorů, kompenzace harmonických)

Lze získat úsporu 8-15%

Místa kde lze spořit elektrickou energií kvalitou elektřiny



1. Elektrické motory cca 70-80% celkové spotřeby

1. Elektrické pohony
2. Ventilace a klimatizace
3. Tlakový vzduch
4. Svářecí systémy
5. Tvarovací a dělicí stroje
6. Transformovny

2. Nejnižší spotřeba => optimální pracovní podmínky

1. Tepelné
2. Elektrické
3. Mechanické

Dlouhodobý monitoring je způsob jak:

1. Snížit provozní náklady
2. Optimalizovat využití sítě
3. Zvýšit spolehlivost a redukovat výpadky

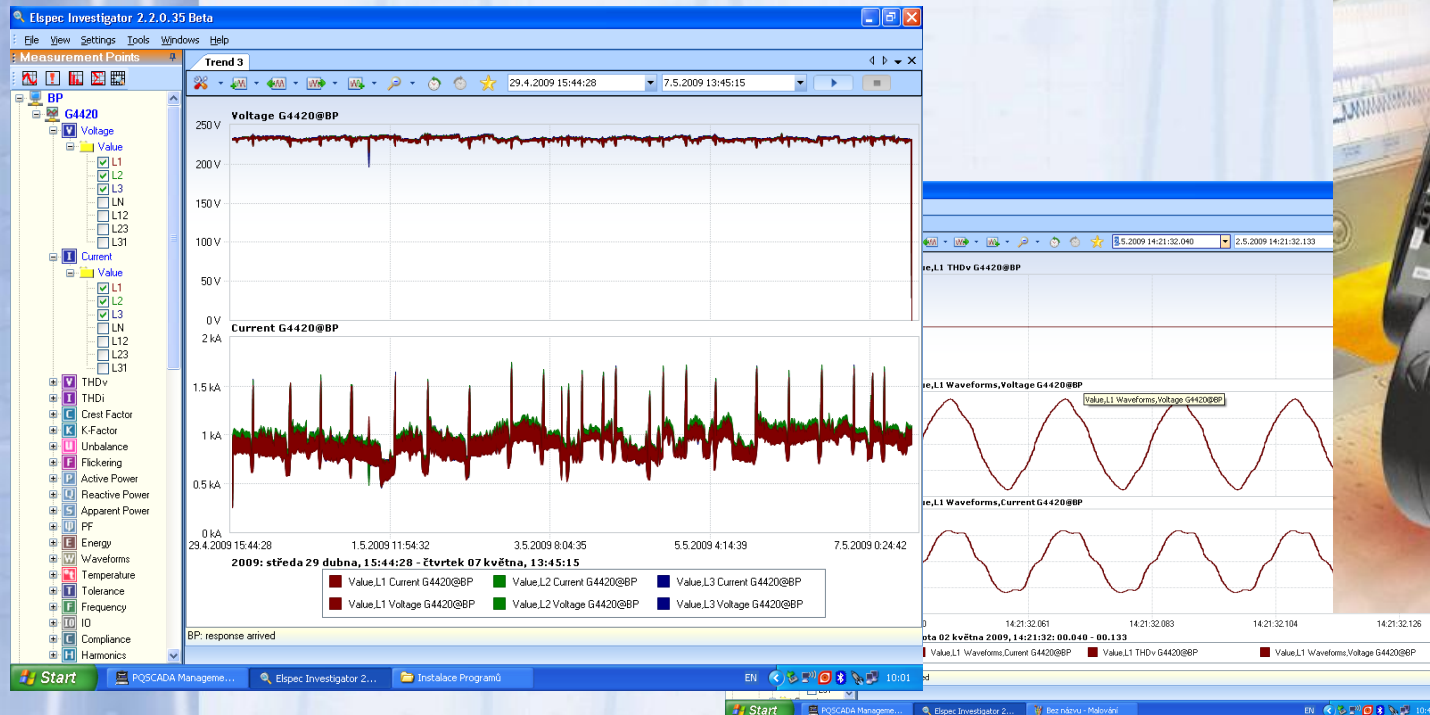


Dlouhodobý monitoring a jeho přínosy



...ŘEŠENÍ PRO VAŠE MĚŘENÍ

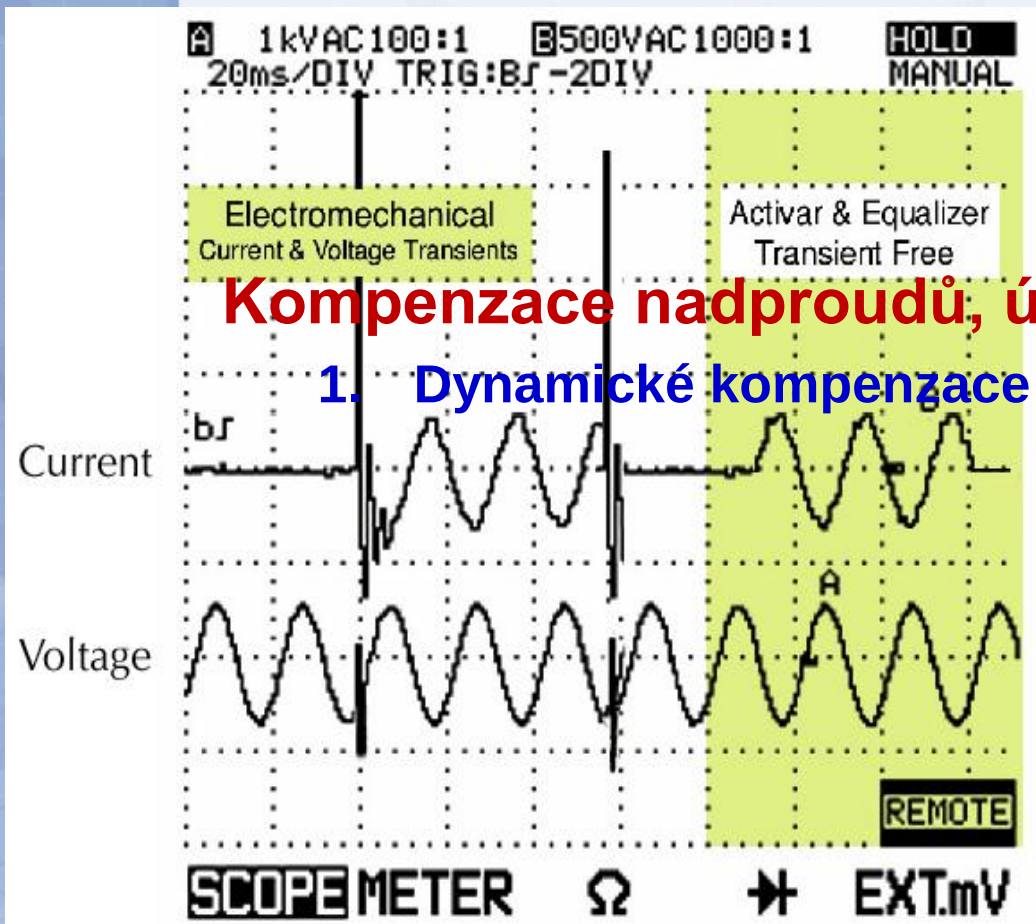
- Zařízení, které provádí kontinuální záznam klíčových parametrů kvality el. Energie
- Rychlý záznam U, I, S, P, Q, Cosf,
- **Představa o dlouhodobém vývoji a charakteru elektrické energie**
- V případě poruchy máme možnost zpětně dohledat tyto parametry a určit z nich příčinu poruchy



Kompenzace

Poklesy napětí – Účinník - Harmonické složky

Blue Panther
instruments
...ŘEŠENÍ PRO VAŠE MĚŘENÍ



Kompenzace nadprroudů, účinníku a harmonických

1. Dynamické kompenzace Elspec Equalizer



ELSPEC

Ing. Jaroslav Smetana

Hlavní části systému

Blue Panther
instruments



...ŘEŠENÍ PRO VAŠE MĚŘENÍ

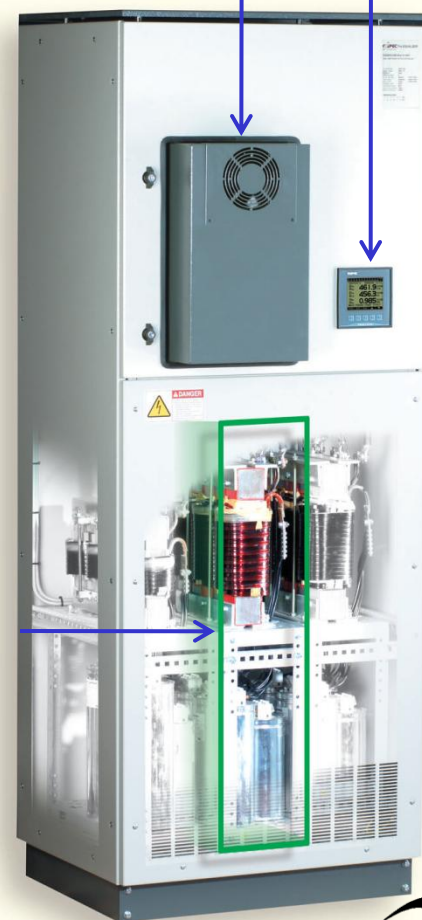
Analyzátor/
kontrolér



Spínací modul



Modul
Kapacitor/Induktor



ESPEC

Elspec Equalizer



...ŘEŠENÍ PRO VAŠE MĚŘENÍ

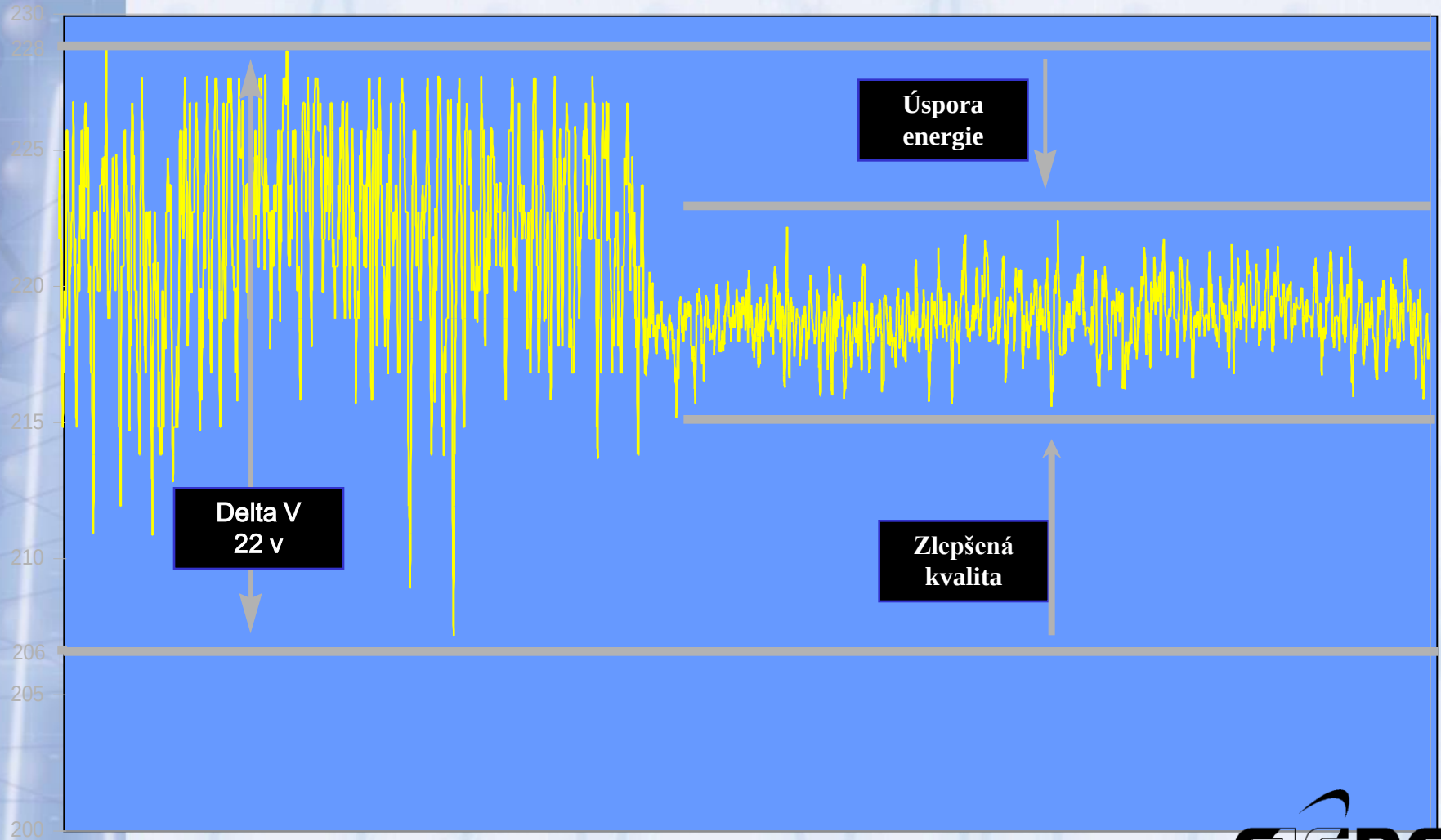
- Kompenzace reaktivní energie perioda po periodě (celkový čas provedení od 2-20msec)
- Spínače kapacit v pevné fázi bez přechodových jevů
- Úspora energie
- Řešení pro problémy s kvalitou energie
- Harmonická filtrace
- Prevence výpadků napětí
- Redukce napěťového Flickeru
- Zvýšení kapacity místní generace energie (např., diesel generátorů)
- Zahrnuje výkonný analyzátor kvality
- Self testing a komplexní vytváření protokolů



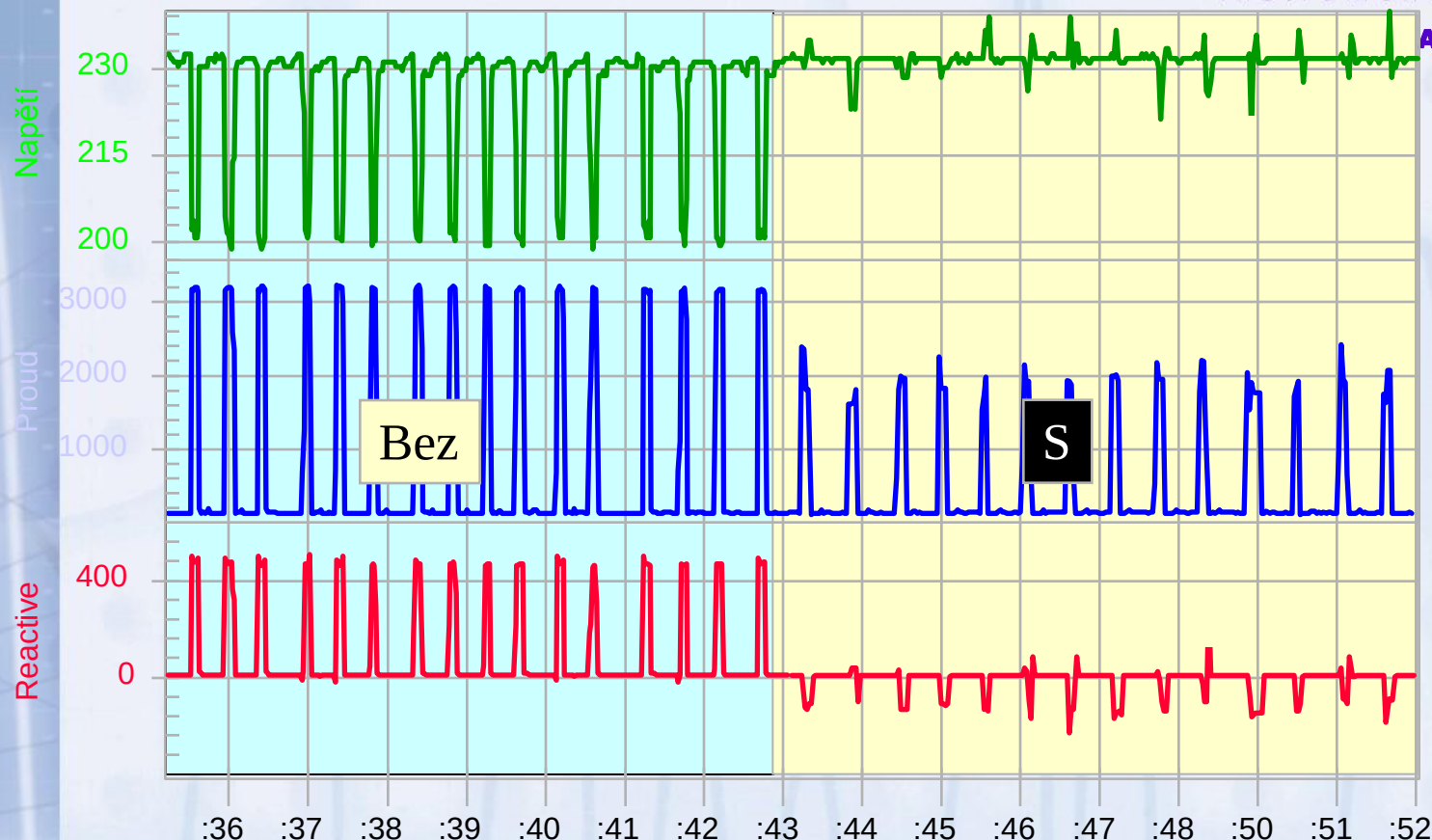
Úspory energie a zlepšení kvality



...ŘEŠENÍ PRO VAŠE MĚŘENÍ



Kompenzace bodových svářeček



Bez kompenzace:

Špičkový proud = 3200 Amp.
Špička kVAr = 3*500 kVAr
Pokles napětí = 32 Volt

S kompenzací:

Špičkový proud = 2100 Amp.
Špička kVAr = 3*50 kVAr
Pokles napětí = 8 Volt

Elspec Equalizer

Nejlepší kompenzace pracující v reálném čase.



- Dramaticky zlepšuje kvalitu bodového sváření
- Redukuje napět'ové rychlé změny napětí
- Spoří energii
- Snižuje výrobní náklady
- Redukuje údržbu a výpadky výroby
- Automatická činnost



Dotazy ?

**Děkuji za pozornost
Ing. Jaroslav Smetana**