

**Monitoring, měření a analýza kvality a množství
elektrické energie**
podklad pro přípravu certifikace ISO 50 001

Měření k úsporám energie

Ing. Jaroslav Smetana

Zdroje úspor



Finanční úspory (ztráty) X Skutečné snížení spotřeby

Získání lepší ceny elektřiny od distributora.

Měření – elektroměr – prostý wattmetr

Hlídání $\frac{1}{4}$ maxima (**a odpojování částí technologie**)

Snížení odběru ve vhodnou chvíli není úspora

Narušuje výrobu

Elektrická energie jako surovina



...ŘEŠENÍ PRO VAŠE MĚŘENÍ

Kvalita elektrické energie Parametry popisuje norma ČSN EN 50160

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 $\pm$ 10%	10 min	1 týden	95%
Překmity a poklesy napětí ($\leq$ 1min)	10 až 1000 krát za rok (pod 85% jmenovité)	10 ms	1 rok	100%
Krátká přerušení ($\leq$ 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%
Napět'ové 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 !!!**

EN 61000-4-30 je norma určující způsob měření

**Agregace naměřených parametrů v čase po dobu
10 period**

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



Vlastnosti elektrické energie - ideální 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)
- Přechodná přepětí (rychlé špičky)
- Účíník
- Napěťová nesymetrie
- Harmonické

Odchylka od optimálního stavu – od minimální spotřeby

Cesta k úsporám?

ISO 50001:2011 – Management energie

Zvyšování energetické účinnosti

Úprava organizace všech procesů ve firmě

Základem je měřitelnost daných parametrů

- Doporučený postup
- Vstupní prověrka
- Určení odpovědností
- Definování metodik pro sledování
- Určení oblastí významného užití energie
- Analýza energetické náročnosti

Určení oblastí významného užití energie

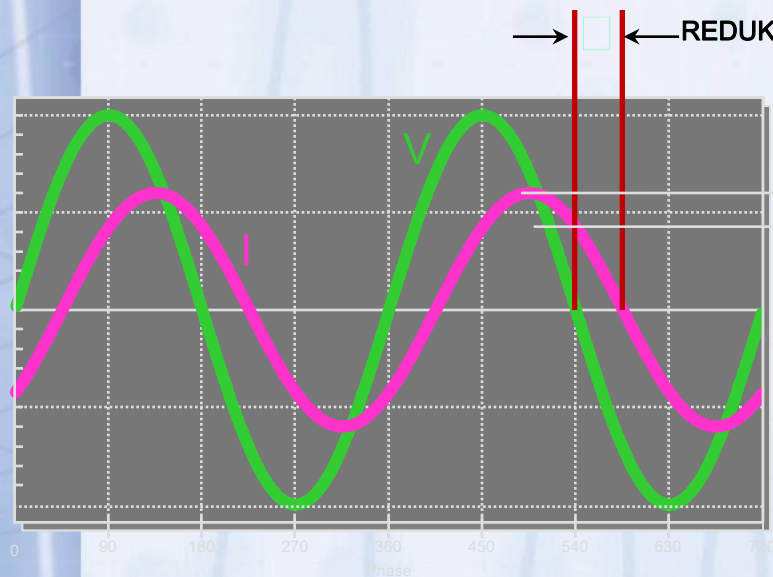
Určení uzlů a

klíčových zařízení

Znalost velikosti a struktury odběrů v čase

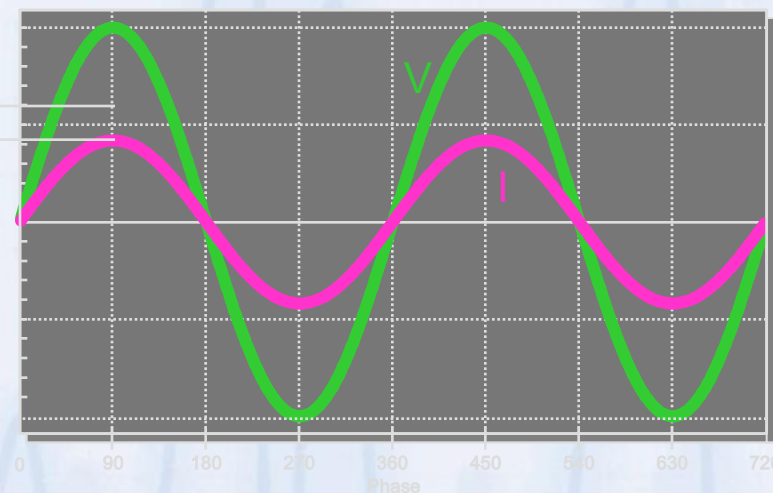
Účinník

BEZ KOMPENZACE



Fázový rozdíl mezi proudem a
napětím

S KOMPENZACÍ

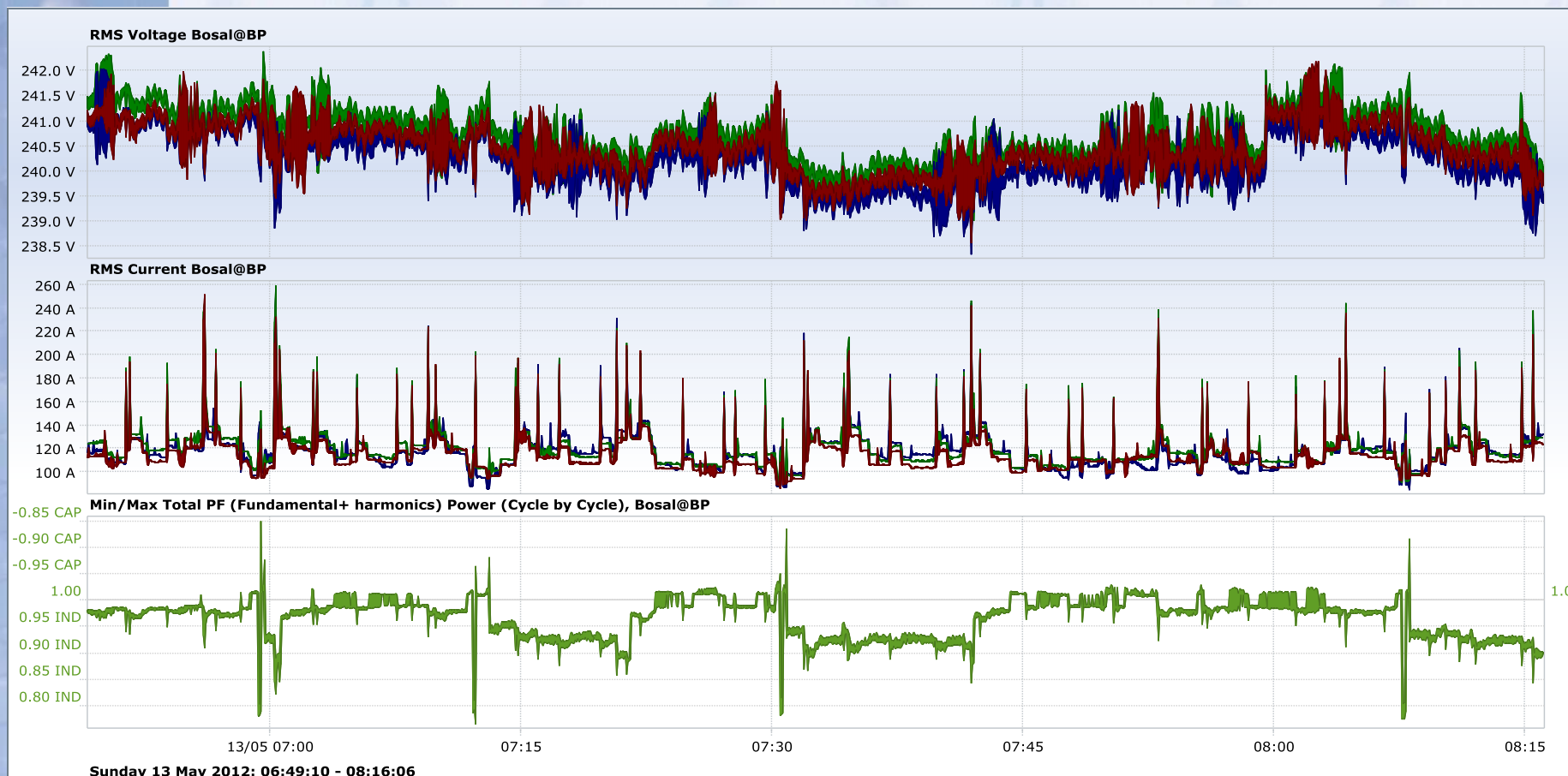


Proud a napětí ve fázi

Účinník



...ŘEŠENÍ PRO VAŠE MĚŘENÍ



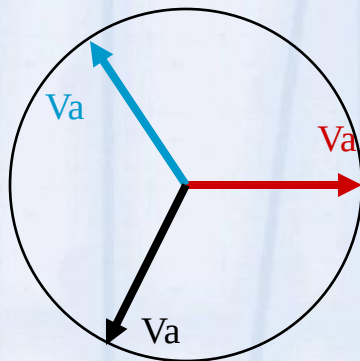
Napět'ová nesymetrie

Symetrická soustava

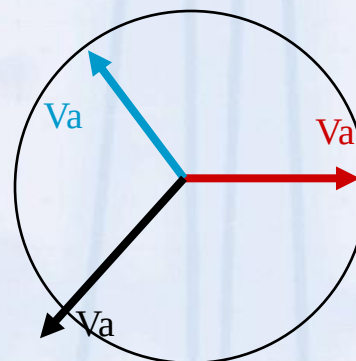
Všechny tři vektory napětí mají stejnou amplitudu
A jsou vzájemně posunuty o 120°

Nesymetrická soustava

Nesplňuje podmínky vyvážené soustavy



Vyvážená soustava



Nevyvážená soustava

Napět'ová nesymetrie

Důsledky napět'ové nesymetrie

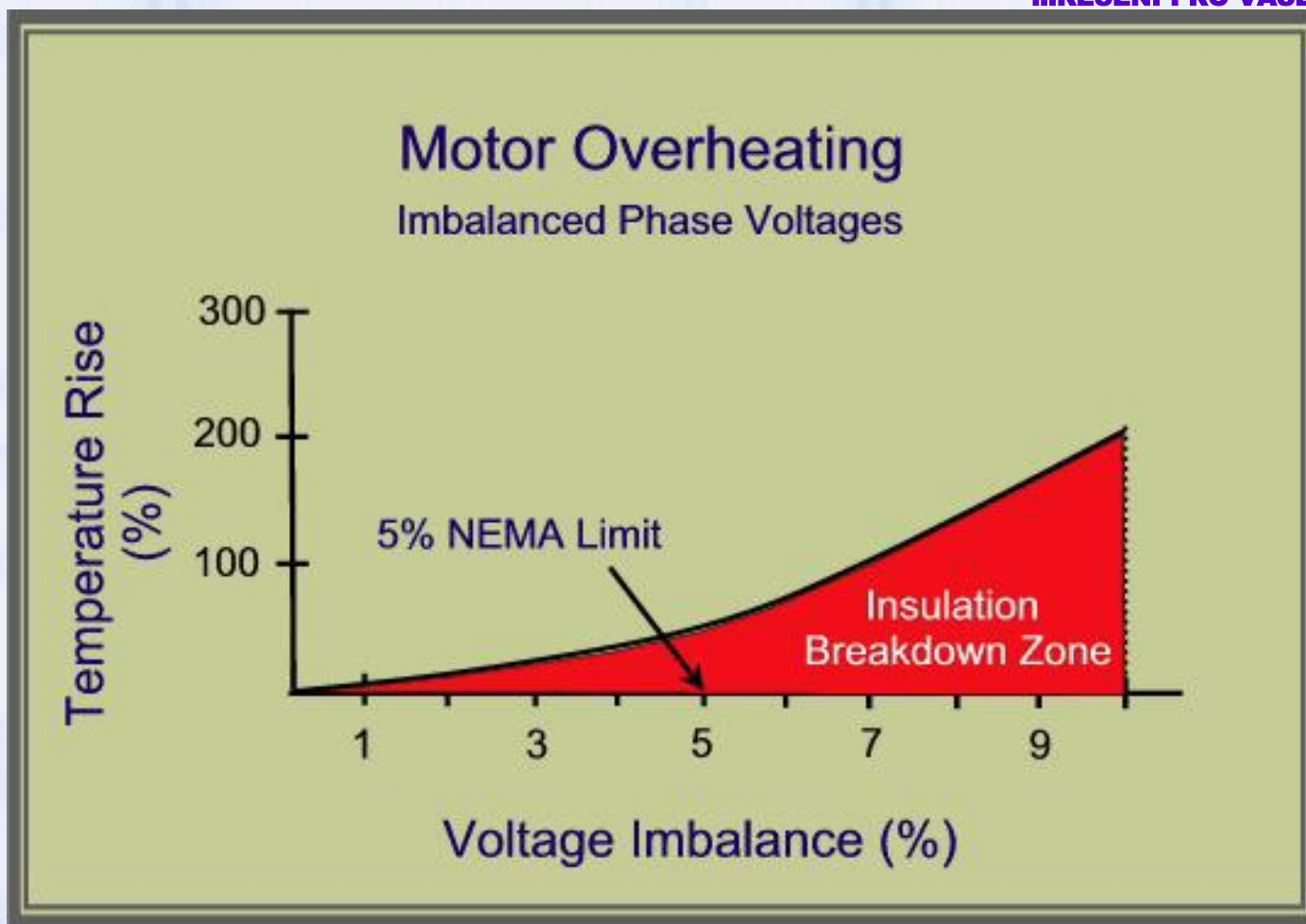
Třífázový indukční motor

- Příklad: Na 3-f motoru způsobuje 1% napět'ové nevyvážení 6% - 9% nevyvážení proudu.

Řízený pohon

- Zde 1% napět'ového nevyvážení vede na 15% a více proudového nevyvážení!

Napět'ová nesymetrie



Harmonické složky

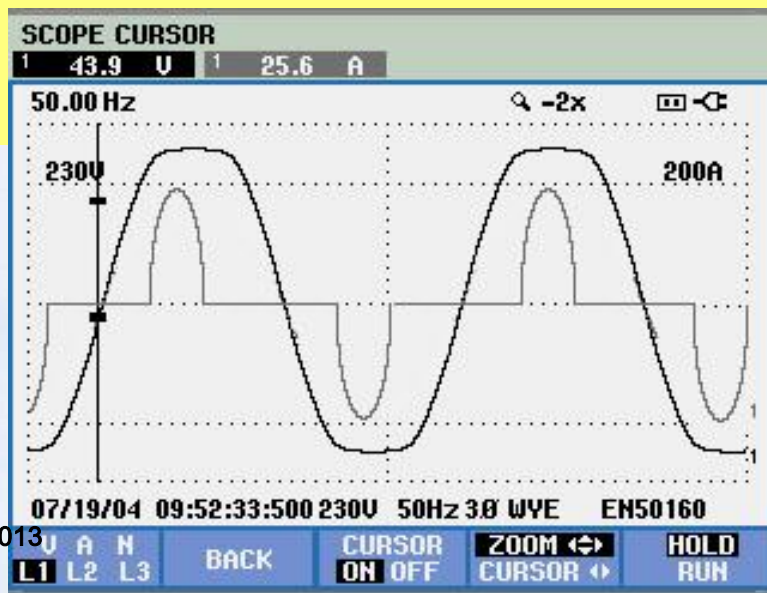
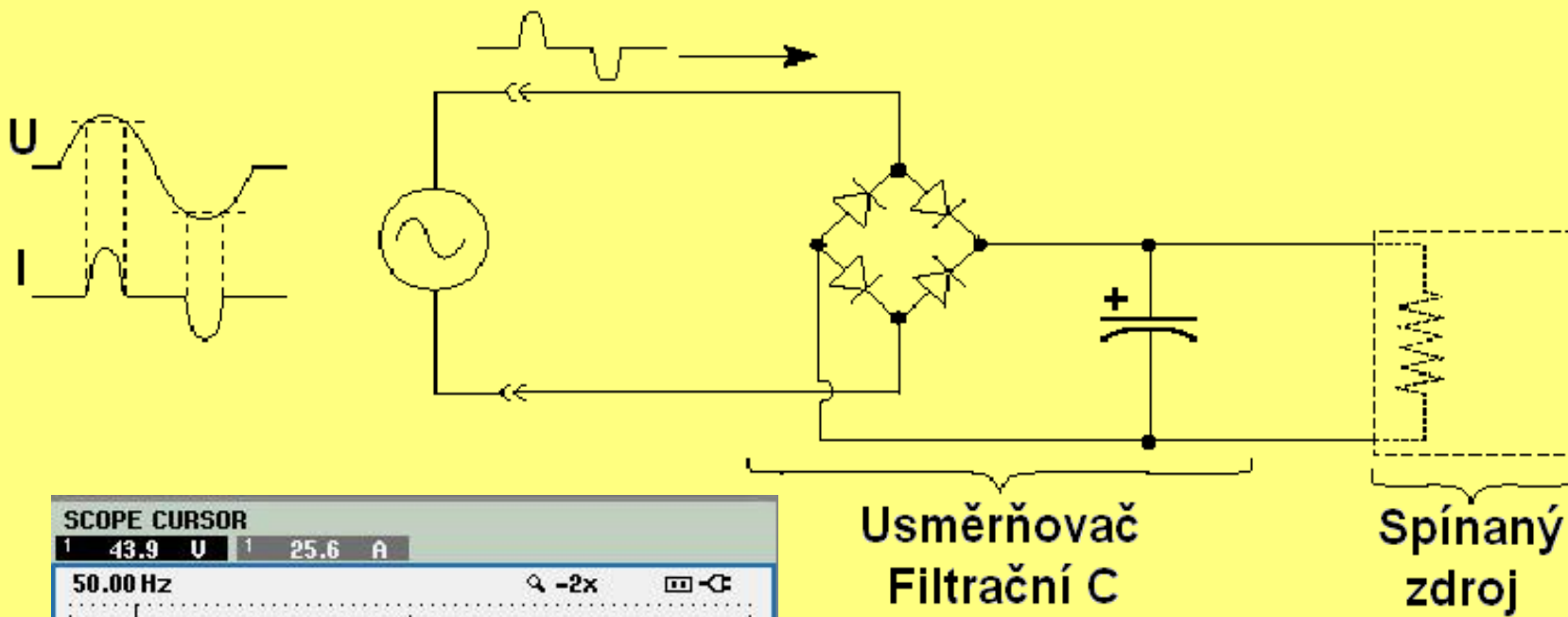
Zdroje harmonických

Nelineární zátěže

- **Motory řízené elektronickými regulátory otáček pohony**
 - změna frekvence a amplitudy napájecího proudu
 - pulzní regulátory - napěťové řízení
- **UPS -nepřerušitelné zdroje proudu**
 - Výstupní proud UPS je nesinusový s vysokým obsahem 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.

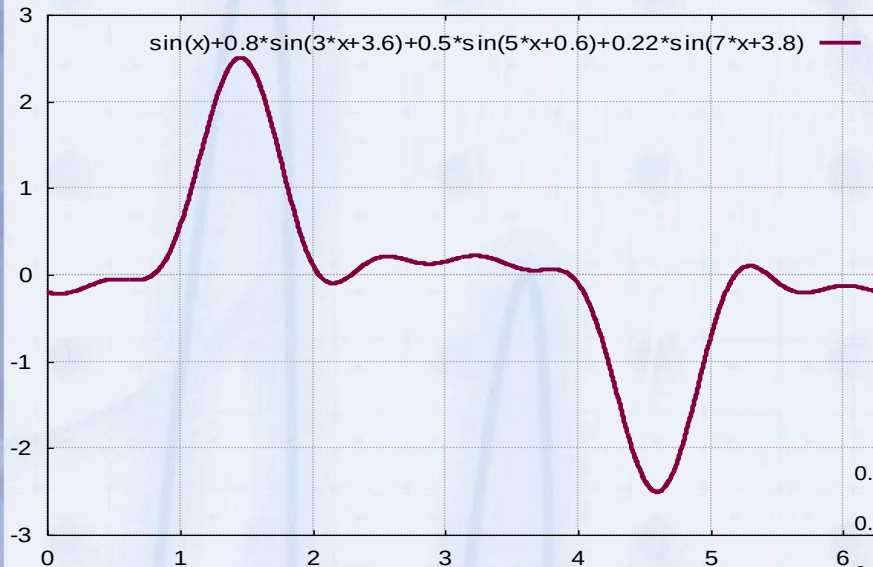
Harmonické

Podstata harmonické zkreslení



Harmonické

Rozklad neharmonického proudu na dílčí harmonické složky

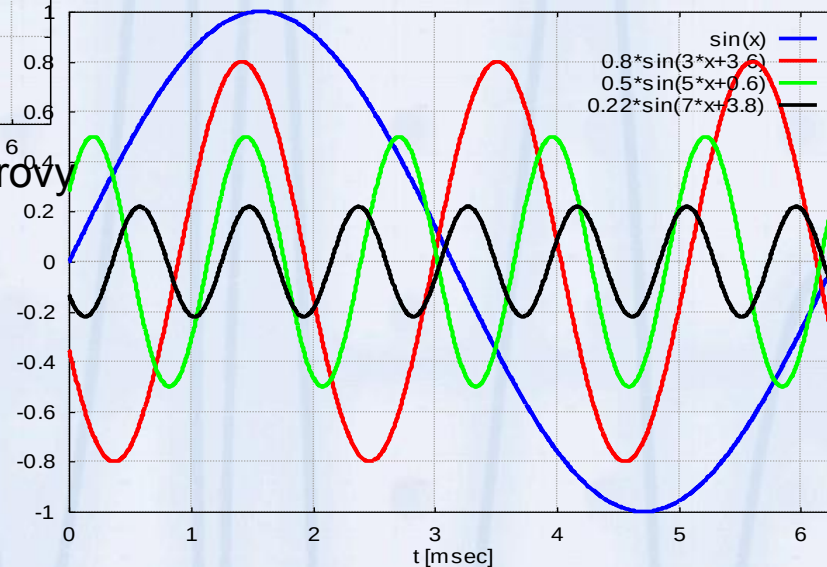


Jakýkoli periodický signál lze podle Fourierovy řady rozložit na dílčí harmonické složky.

Základní harmonická (50 Hz)

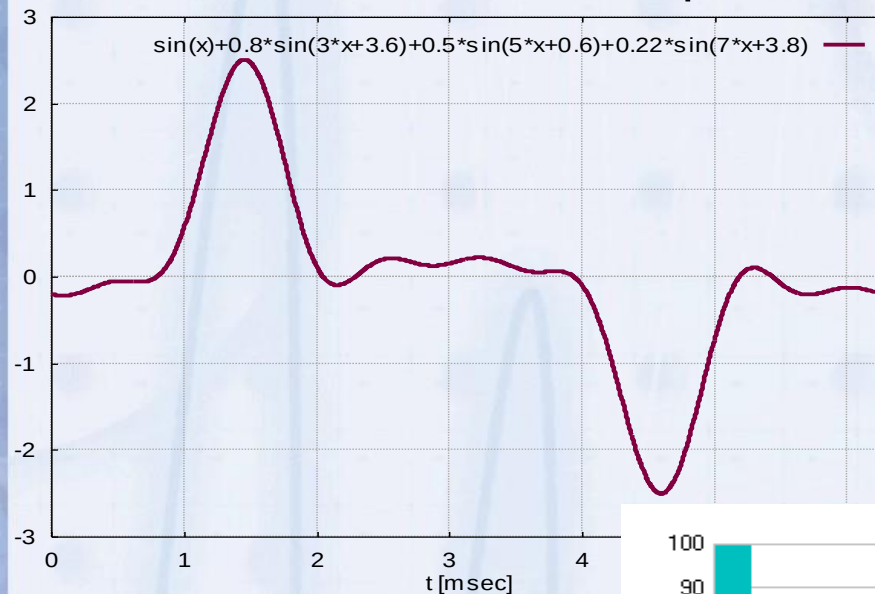
Vyšší harmonické – (100, 150, 200, ... Hz)

Násobky základní harmonické

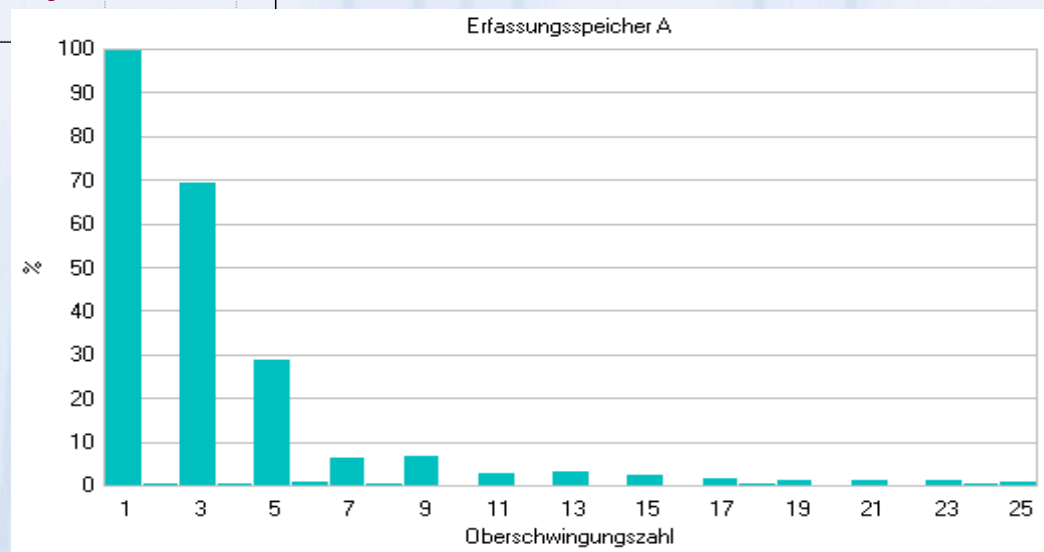


Harmonické

Rozklad neharmonického proudu na dílčí harmonické složky



Spektrum signálu



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!

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

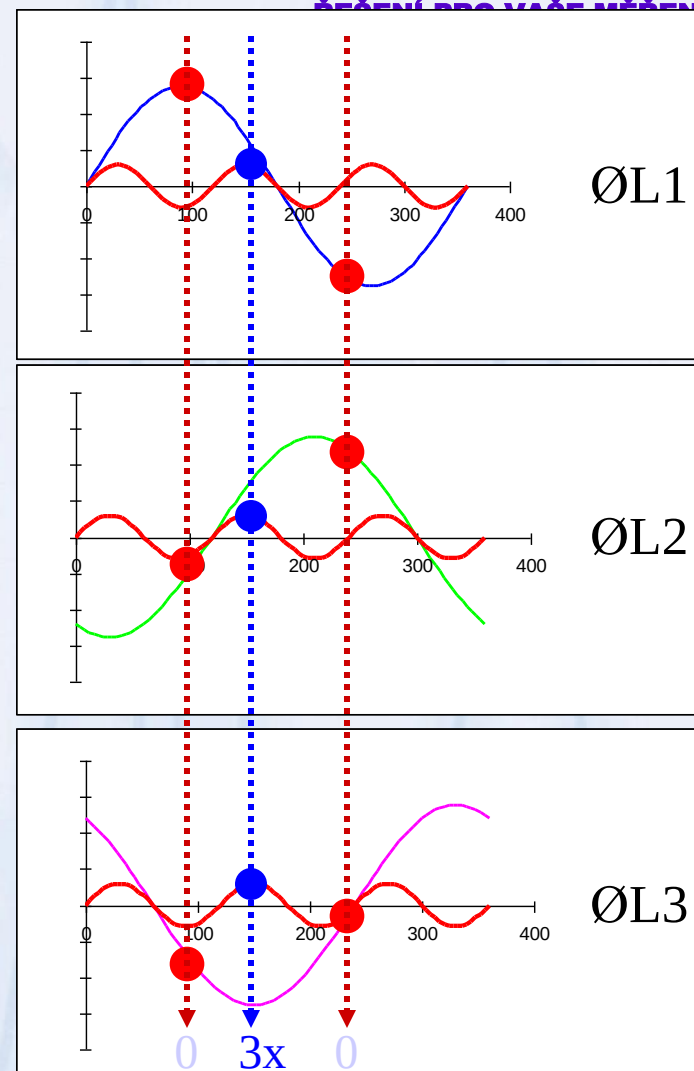
3 – fázová soustava

Základní harmonické jsou posunuty o 120° (tj. $1/3$ periody)
 $\Rightarrow$ 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

▪ 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**
- Problémy funkce vlivem rušení. Přídavné dielektrické ztráty vedoucí k poškození výkonových kondenzátorů
- Funkční problémy spojené s rušením.
- náhodné nebo předčasné vybavení.
- Chyby při měření.

Odstraněním vlivu

účinníku, napět'ového a proudového

nevyvážení, harmonických složek

(rychlá kompenzace účinníku, stabilizace napětí, potlačení
harmonických,
oprava filtrů, výměna motorů)

Lze získat úsporu na daném příkonu
8-15%

ISO 50001:2011 – Management energie

Určení míst významného užití energie

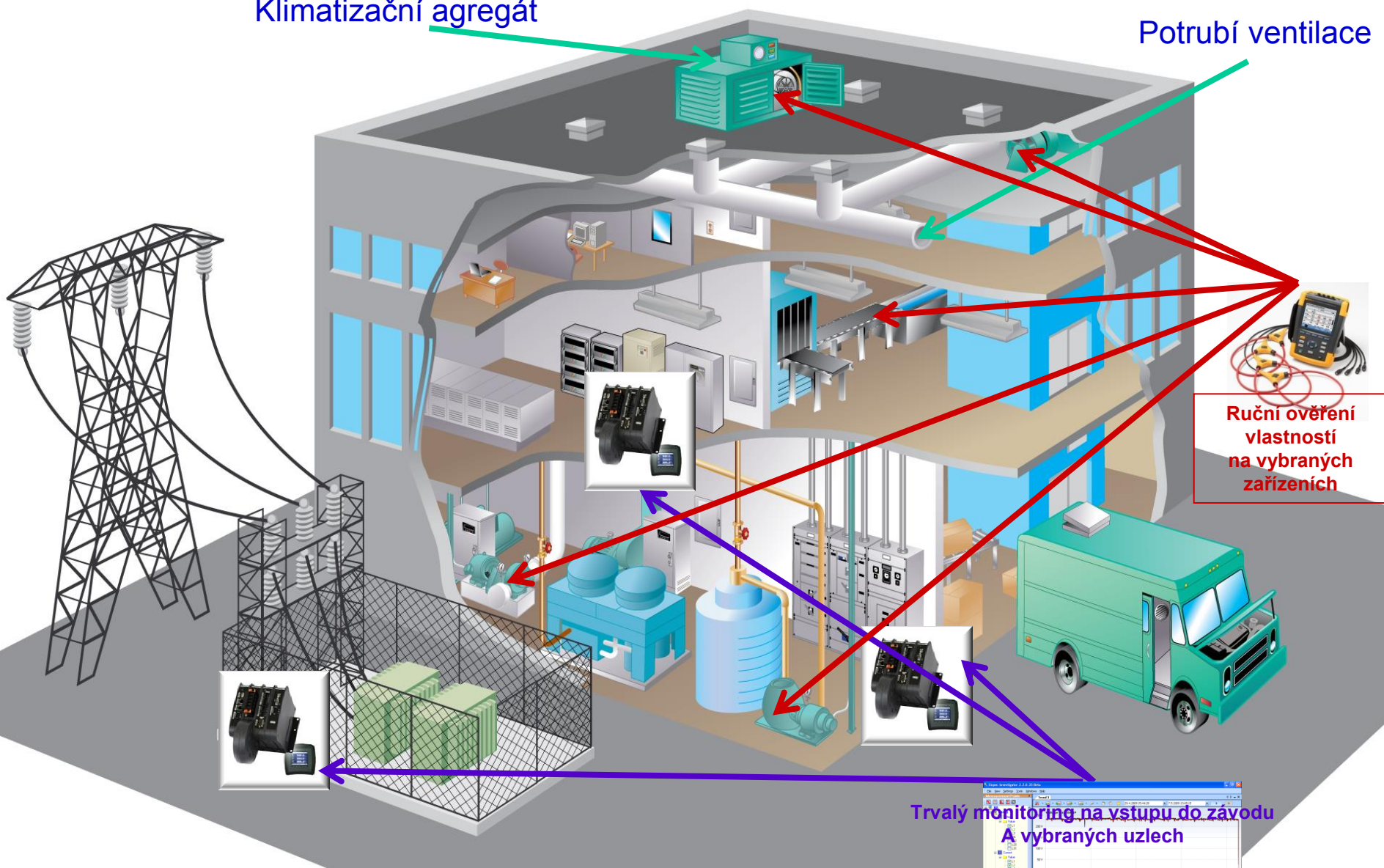
Určení uzlů a klíčových zařízení

Mapa spotřeby a ztrát



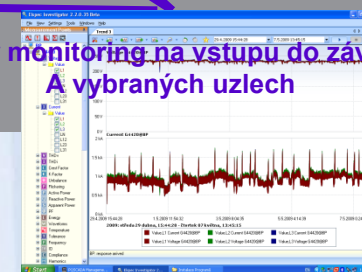
Klimatizační agregát

Potrubí ventilace



23.3.2010

Ing. Jaroslav Smetana



Dlouhodobý monitoring je způsob jak:

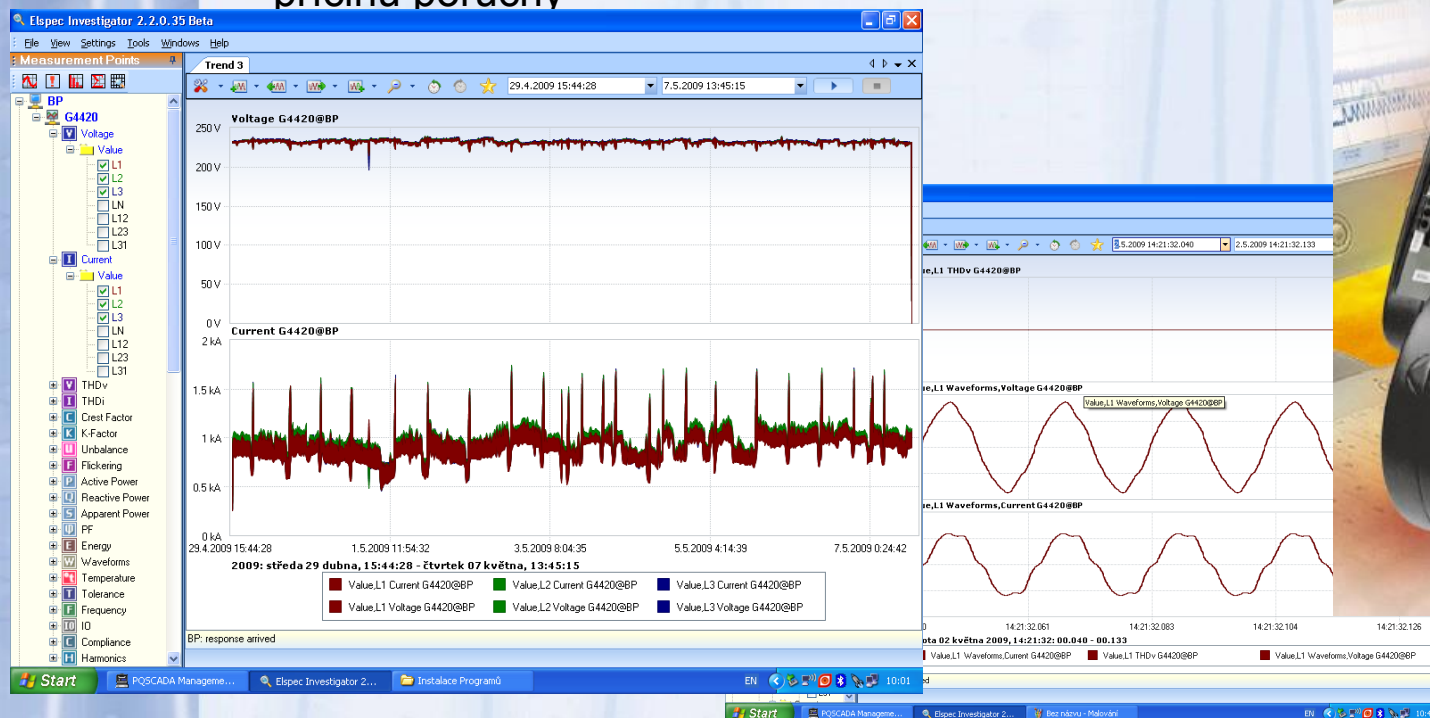
1. Snížit provozní náklady
2. Optimalizovat využití sítě – statistika
3. Zvýšit spolehlivost a redukovat výpadky



Dlouhodobý monitoring a jeho přínosy

...ŘEŠENÍ PRO VAŠE MĚŘENÍ

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

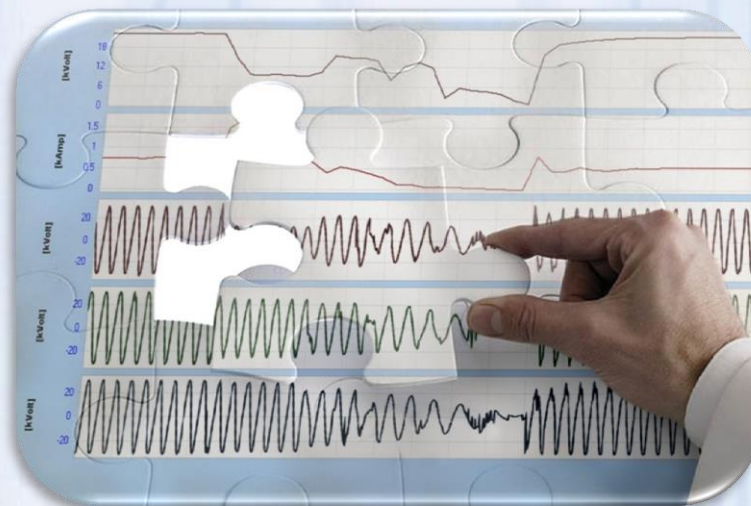


Potřebné vlastnosti monitoru

ISO 50001 měřitelnost daných parametrů

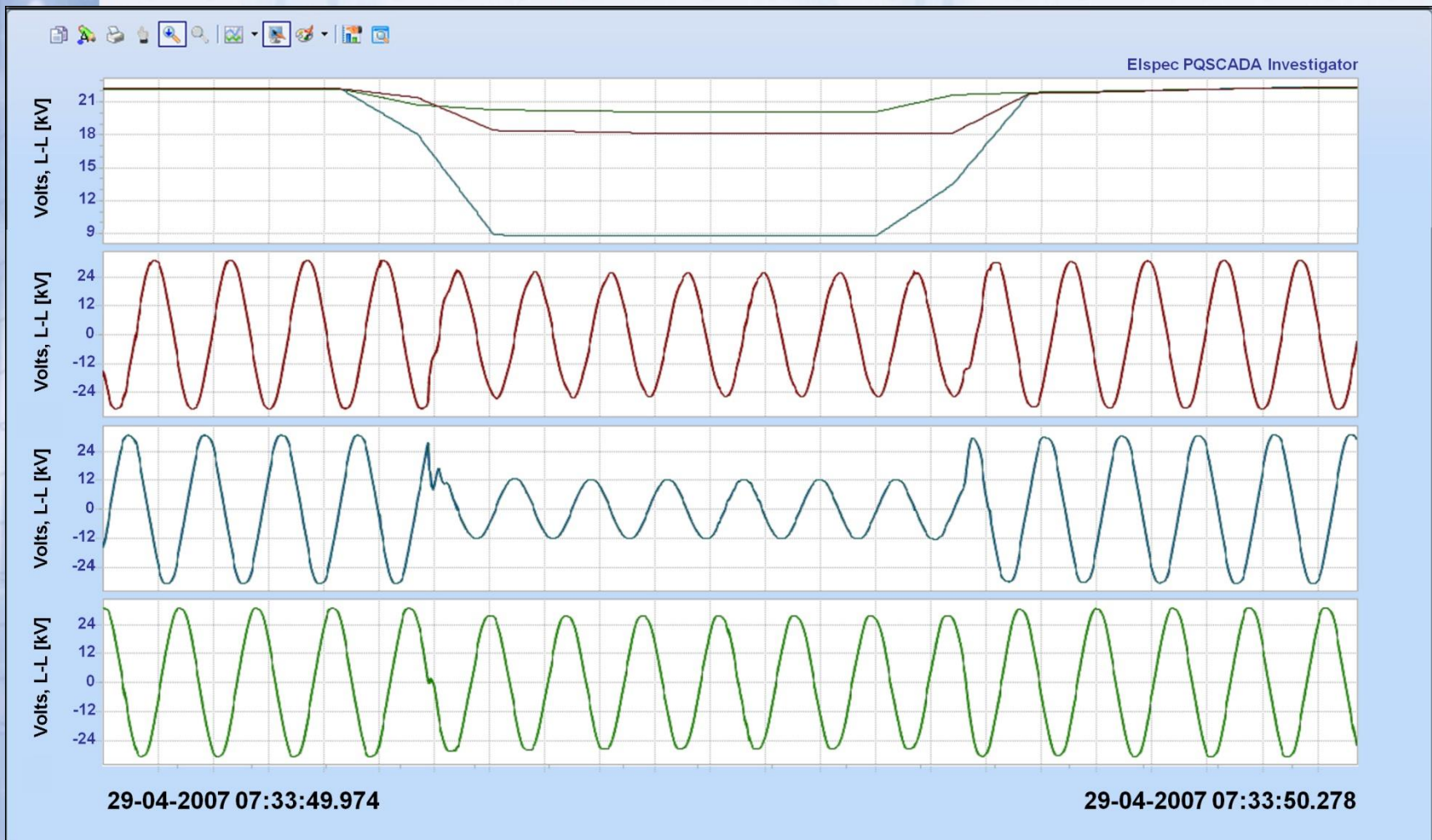
Schopnost správně analyzovat je dána 4 doménami:

1. Zachycení všech parametrů – nejen výkonů a práce !!!
2. Nepřetržitý záznam
3. Vysoká vzorkovací a záznamová rychlost
4. Mnohabodový synchronizovaný záznam



Záznam všech parametrů: Analýza údálostí

- Výsledek ze 16 cyklů: L-L pokles napětí
- Nedostatek informací pro identifikaci zdroje (ů)

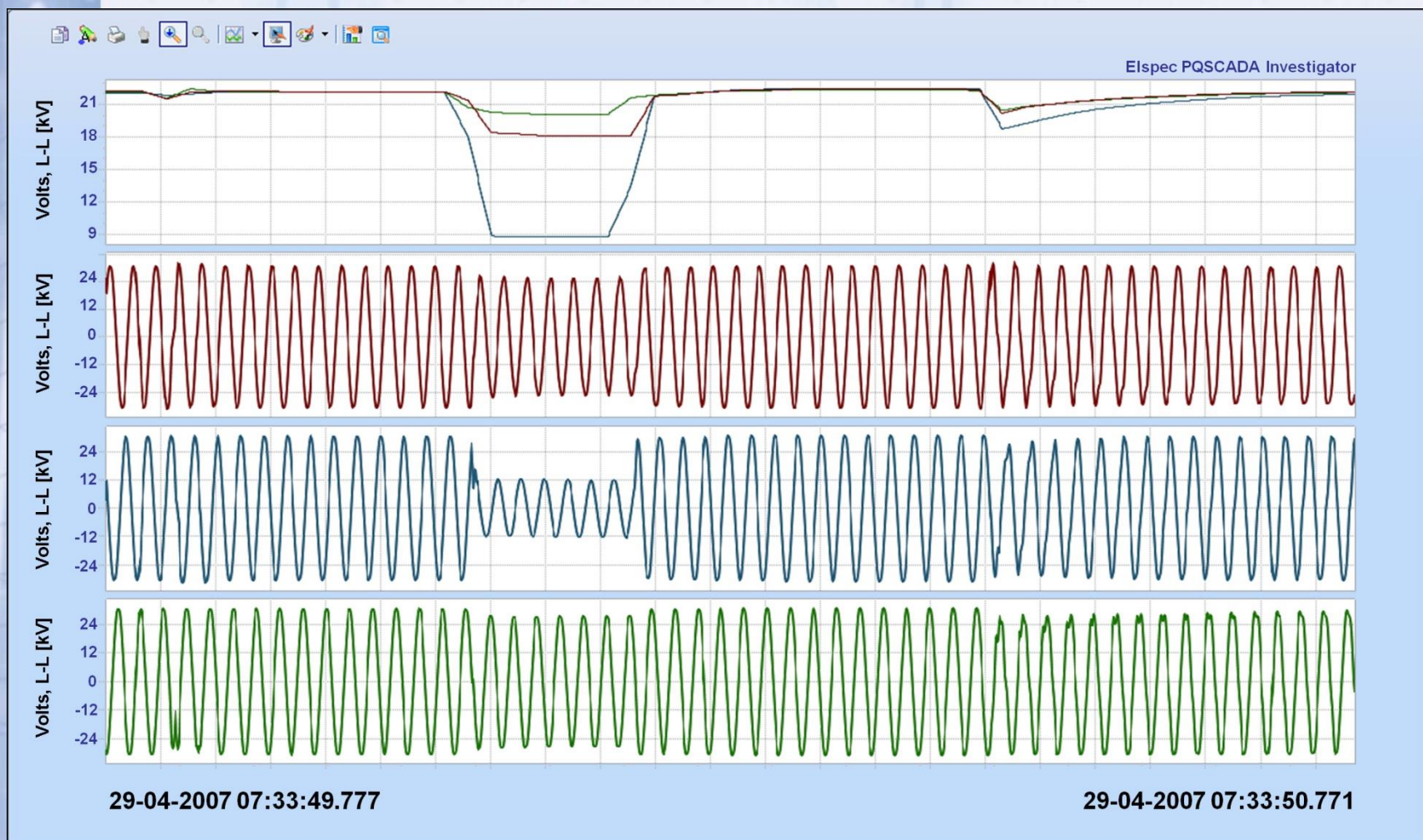


Záznam všech parametrů:
Sekvence událostí (Zoom)



...ŘEŠENÍ PRO VAŠE MĚŘENÍ

- 1 sekunda informace odkrývá dvě události po sobě



Záznam všech parametrů: Sekvence událostí (přidáno L-N)

- Přidání napětí fáze neutrál

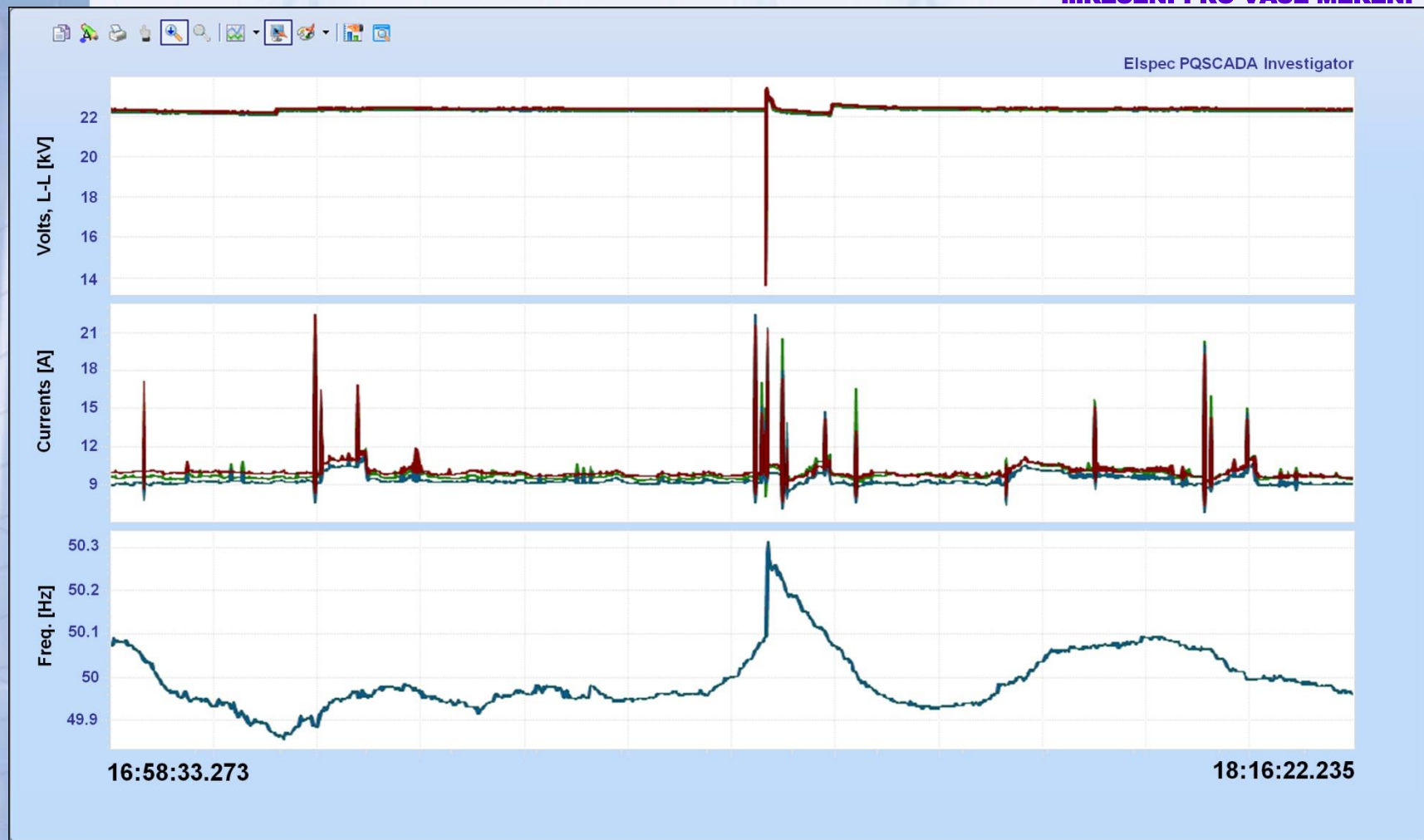


ELSPEC G4000 BLACKBOX

Nepřetržitý záznam : žádné mezery v datech



...ŘEŠENÍ PRO VAŠE MĚŘENÍ



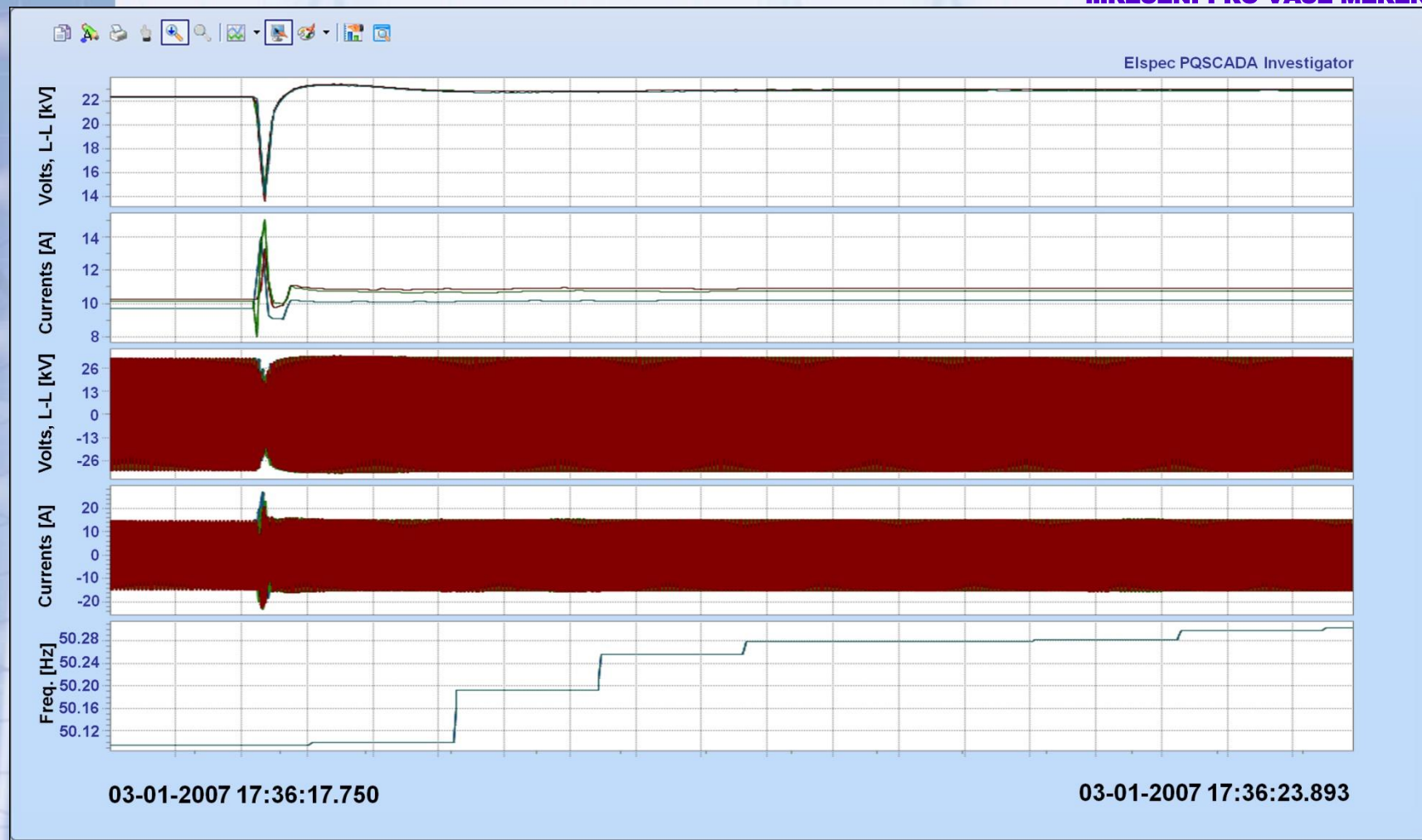
Nyní vidíme nárůst proudu typický pro tuto část

ELSPEC G4000 BLACKBOX

Nepřetržitý záznam : žádné mezery v datech



...ŘEŠENÍ PRO VAŠE MĚŘENÍ

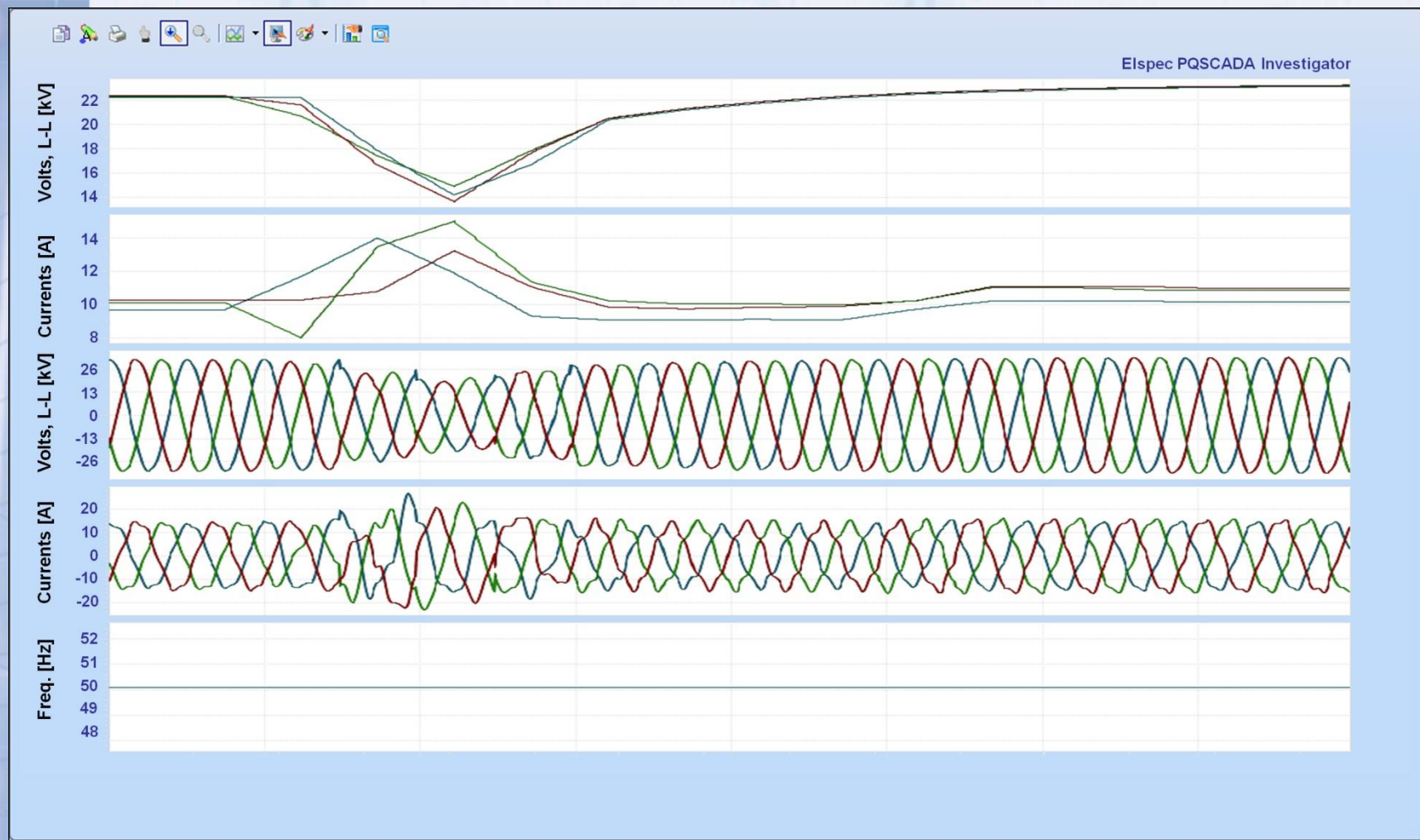


ELSPEC G4000 BLACKBOX

Nepřetržitý záznam : žádné mezery v datech



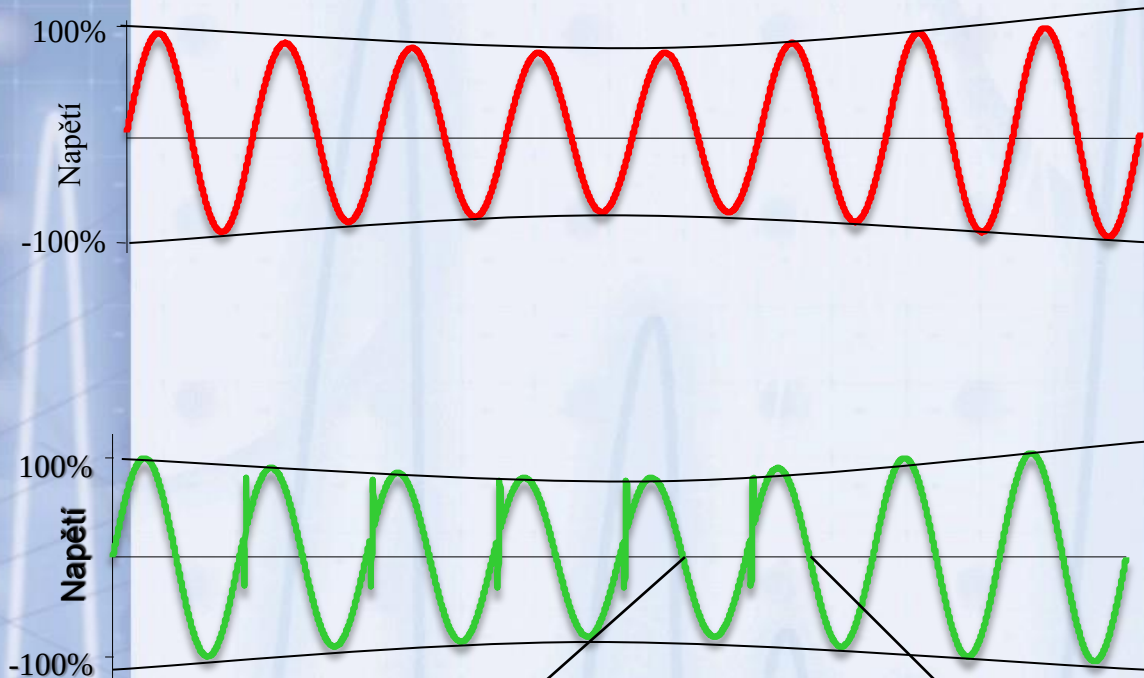
...ŘEŠENÍ PRO VAŠE MĚŘENÍ



Vysoká vzorkovací a záznamová rychlost

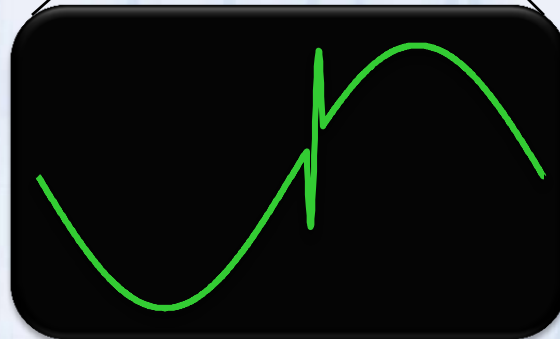
Blue Panther
instruments

...ŘEŠENÍ PRO VAŠE MĚŘENÍ



Událost na 64
vzorcích za periodu –
pokles napětí?

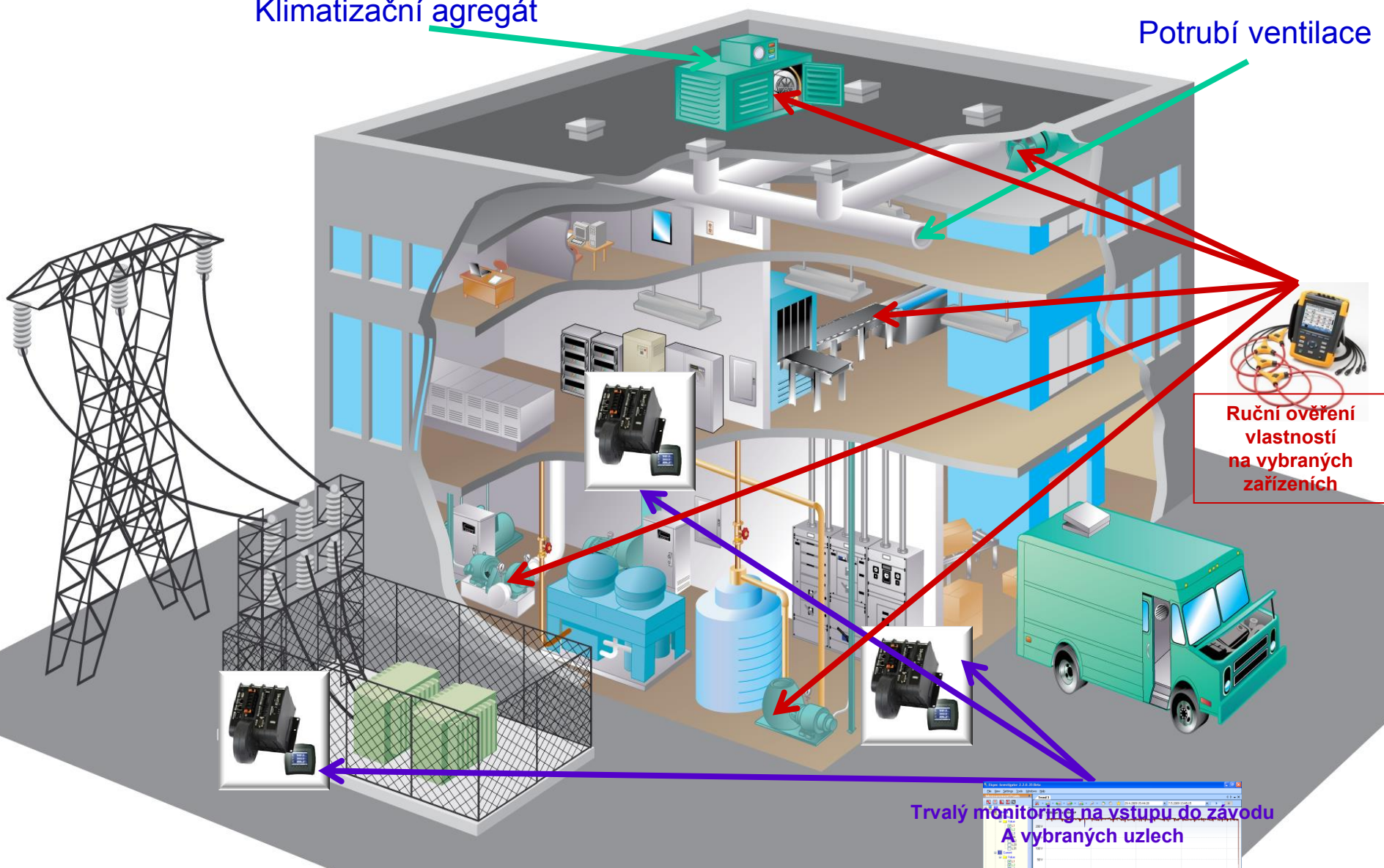
Stejná událost na 1024
vzorcích za periodu –
Transienta!



Události jako tato mohou být
analyzovány pouze
záznamem (ne pouze
monitorováním průběhu
vysokou vzorkovací rychlostí).

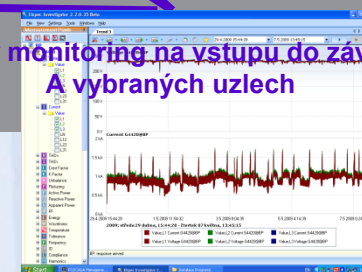
Klimatizační agregát

Potrubí ventilace



23.3.2010

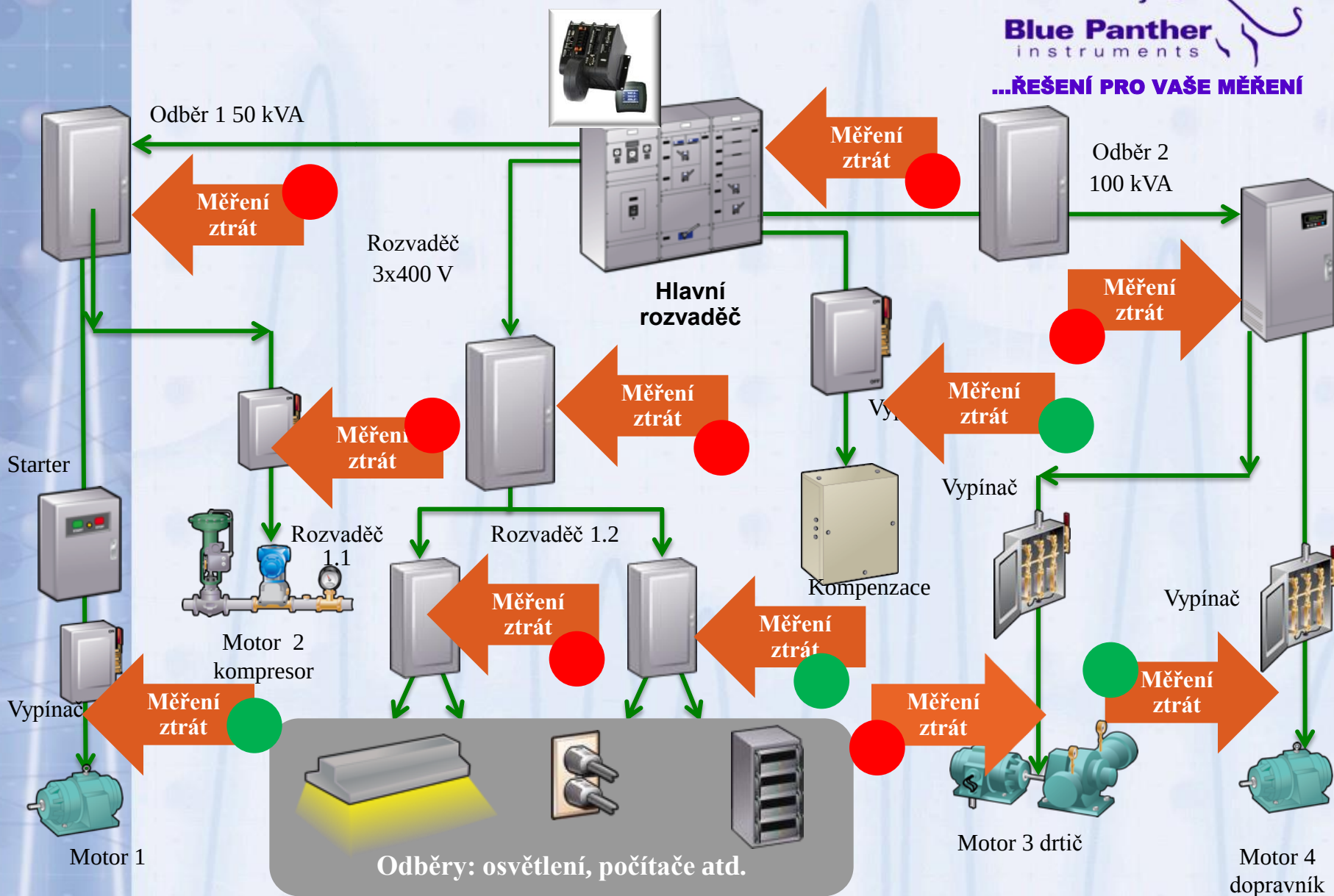
Ing. Jaroslav Smetana



Elektrický systém a mapa spotřeby a ztrát



...ŘEŠENÍ PRO VAŠE MĚŘENÍ



Výpočet energetických ztrát

Trochu historie výkonu a energie

- Výpočet výkonu a energie vytvořil Steinmetz v roce 1897.
- IEEE1459-2010 – Definovaná metoda měření elektrických veličin - výkonu.
 - Zahrnuje také ztráty energie způsobené Harmonickými a Nevyvážením – používána všemi



...ŘEŠENÍ PRO VAŠE MĚŘENÍ



Steinmetz

A co skutečná cena špatné energie?

POWER & ENERGY METER

0:00:32				
	L1	L2	L3	Total
kW	11.2	11.3	11.1	33.6
	L1	L2	L3	Total
kVA	11.3	11.4	11.2	33.9
	L1	L2	L3	Total
kvar	1.3	2.1	1.4	4.9
	L1	L2	L3	Total
PF	0.993	0.983	0.991	0.989
21/11/11 11:13:06 230V 50Hz 3Ø WYE EN50160				
UP DOWN	TREND		EVENTS 0	
		HOLD RUN		

Výpočet ztrát energie

Od vědeckého zlomu k realitě



...ŘEŠENÍ PRO VAŠE MĚŘENÍ



UNIVERSIDAD
POLITÉCNICA
DE VALENCIA

Ciudad Politécnica de la Innovación



Elektrický systém

KALKULÁTOR ENERGETICKÝCH ZTRÁT

DEMO



0:00:03



		Total	Loss	Cost
Effective	kW	188	kW 15.6	Kc 46.88 /hr
Reactive	kvar	24	kW 0.3	Kc 0.78 /hr
Unbalance	kVA	22	kW 0.4	Kc 1.34 /hr
Distortion	kVA	32	kW 1.4	Kc 4.33 /hr
Neutral	A	0.2	kW 0.0	Kc 0.00 /hr
Total			kKc	467.1/y

14/04/13 11:17:10

230V 50Hz 3Ø WYE

EN50160

LENGTH
100 m

DIAMETER
25 mm²

METER

RATE
3.00 /kWh

HOLD
RUN

Audit spotřeby a ztrát

- **Monitoring**
- **Měření po stromu rozvodu**

Přínos auditu

Identifikace míst s vysokými ztrátami

Určení dominantního typu ztrát

Doporučení dalšího postupu pro daný spotřebič – oprava – výměna – kompenzace

Dodávka na objednávku od Blue Panther s.r.o.

Dotazy ?

**Děkuji za pozornost
Ing. Jaroslav Smetana**

Nepřetržitý záznam : žádné mezery v datech

data center
instruments

ŘEŠENÍ PRO VAŠE MĚŘENÍ



- změny proudu před opětovnou změnou ukazuje na problém s výpadkem