

Energie pro budoucnost

Efektivní nakládání s energií při jejím transportu a užití

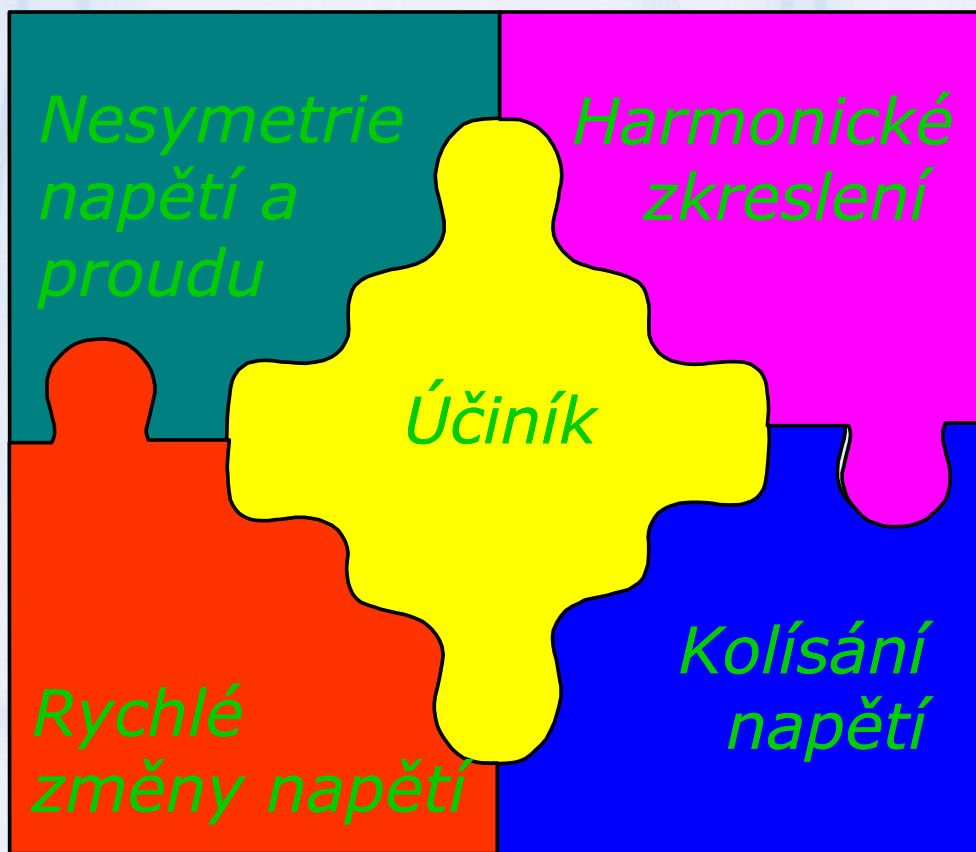
22. 3. 2017 9:30 Výstaviště Brno, sál P4

Sledování kvality elektřiny na straně spotřeby

**„Snížení spotřeby elektrické energie
a ztrát v průmyslu zlepšením její kvality“**

Ing. Jaroslav Smetana

Co je kvalita energie?



Důsledky nízké kvality energie

- **Energetické ztráty**
- Kvalita výrobků
- Výpadky výroby
- Náklady na údržbu
- Snížená životnost zařízení



CENA POKLESU NAPĚTÍ



Source: EPRI "The Economics of Custom Power", IEEE T&D Show 2003

Ztráty na jednu událost poklesu napětí

Elektrická energie jako surovina



...ŘEŠENÍ PRO VAŠE MĚŘENÍ

Kvalita elektrické energie

Parametry popisuje norma ČSN EN 50160

Pro potřeby vztahu dodavatel/odběratel

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 (≤ 1 min)	10 až 1000 krát za rok (pod 85% jmenovité)	10 ms	1 rok	100%
Krátká přerušení (≤ 3 min)	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 !!!**

Kvalita energie

které parametry sledovat uvnitř závodu

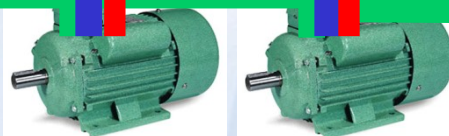
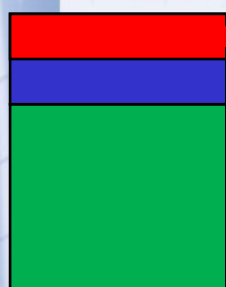
- Účinník
- Napěťová a proudová nesymetrie
- Harmonické zkreslení proudu a napětí
- Kolísání napětí
- Proud středním vodičem



Důsledky nízké kvality energie

Energetické ztráty

Transformátor



Motory přímo připojené



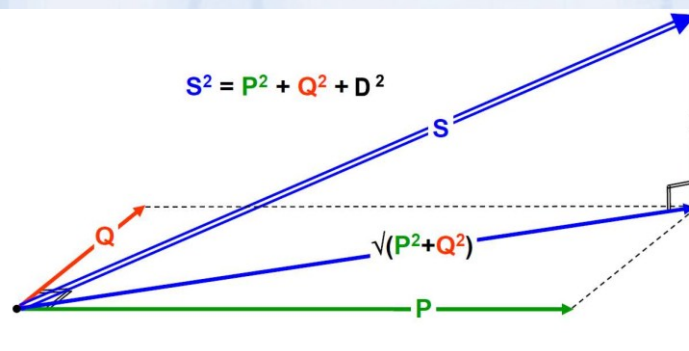
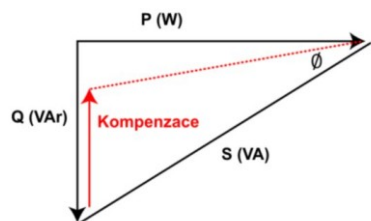
Frekvenční měnič



■ Reaktivní výkon

■ Aktivní výkon

■ Deformační výkon



Power Factor $PF = P / S = W/VA$

Vyšší reaktivní výkon znamená vyšší kapacitu systému

Harmonické složky zvyšují zdánlivý výkon a snižují účinník

Důsledky nízké kvality energie

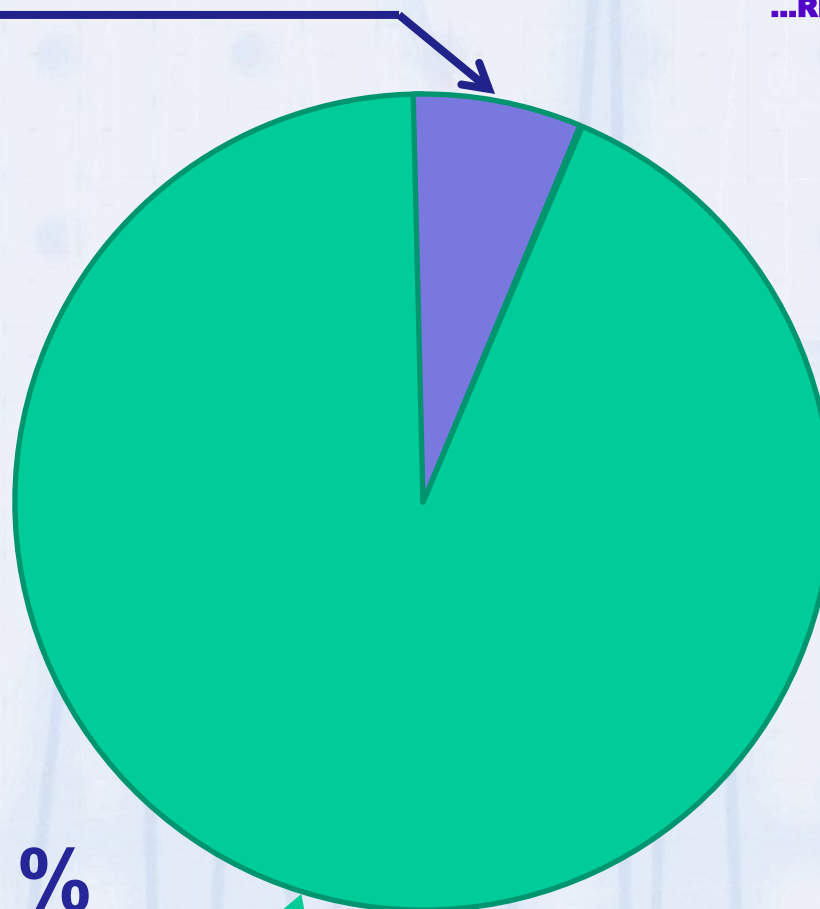
- **Energetické ztráty**
- Nízký účinník ztráty $\Rightarrow I^2$
 - Rozvody
 - Transformátory
- Harmonické $\Rightarrow I^2$
 - Rozvody, transformátory, motory technologie
- Kolísání napětí
- Proud středním vodičem

$$W = I^2 R t$$



Nekvalita podle místa vzniku

Poruchy z nadřazené sítě



85-90%/10-15 %

**Poruchy vzniklé
provozem technologie**

Proč nestačí jen elektroměr



Kvalita elektrické energie

Pro potřeby vztahu dodavatel/odběratel
energetický zákon

Vyhodnocení a limity popisuje norma ČSN EN 50160

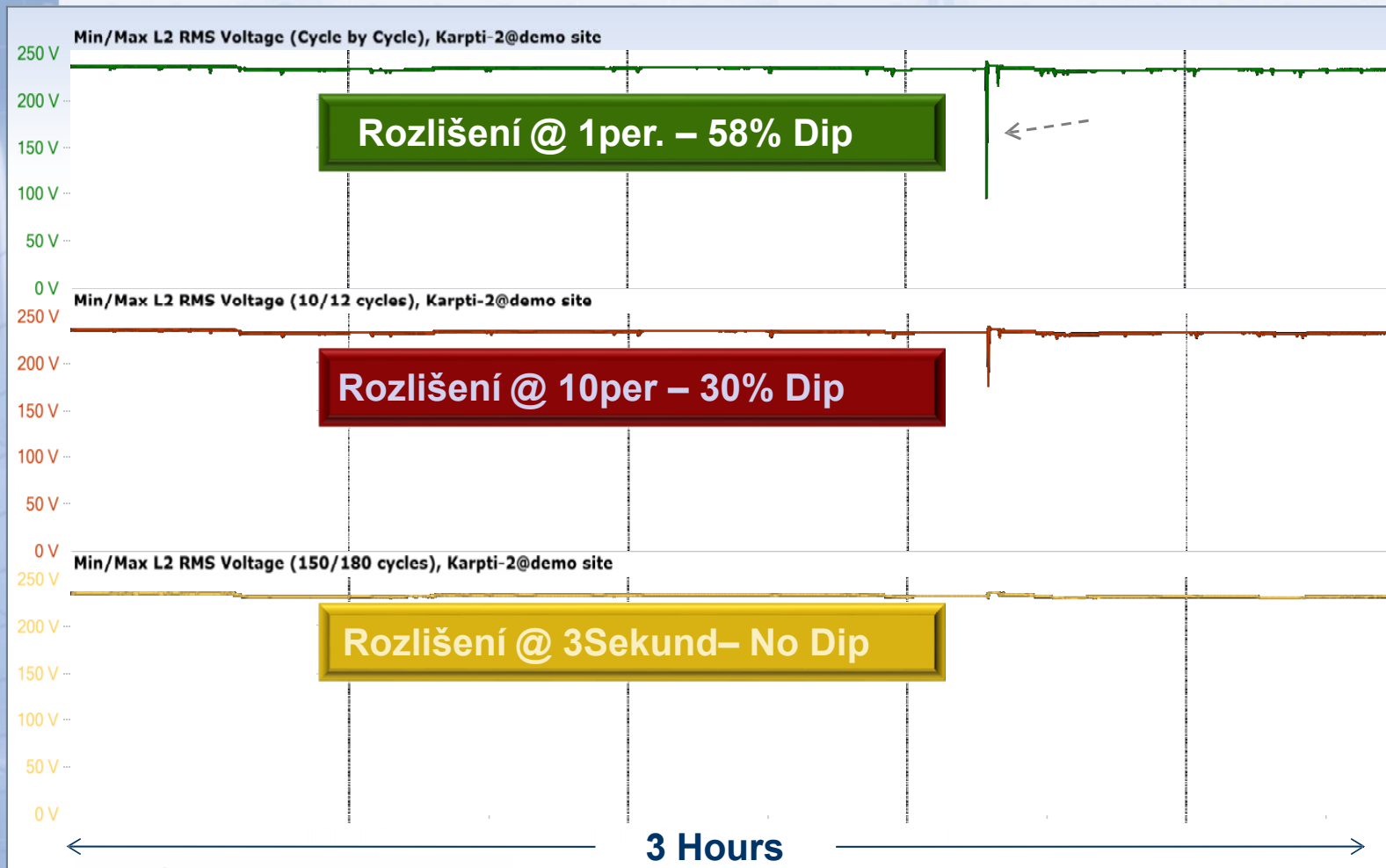
Kvalita elektrické energie

Pro potřeby zdravého provozu

Dodržení parametrů dle ČSN EN 50160 je nedostatečné !!!

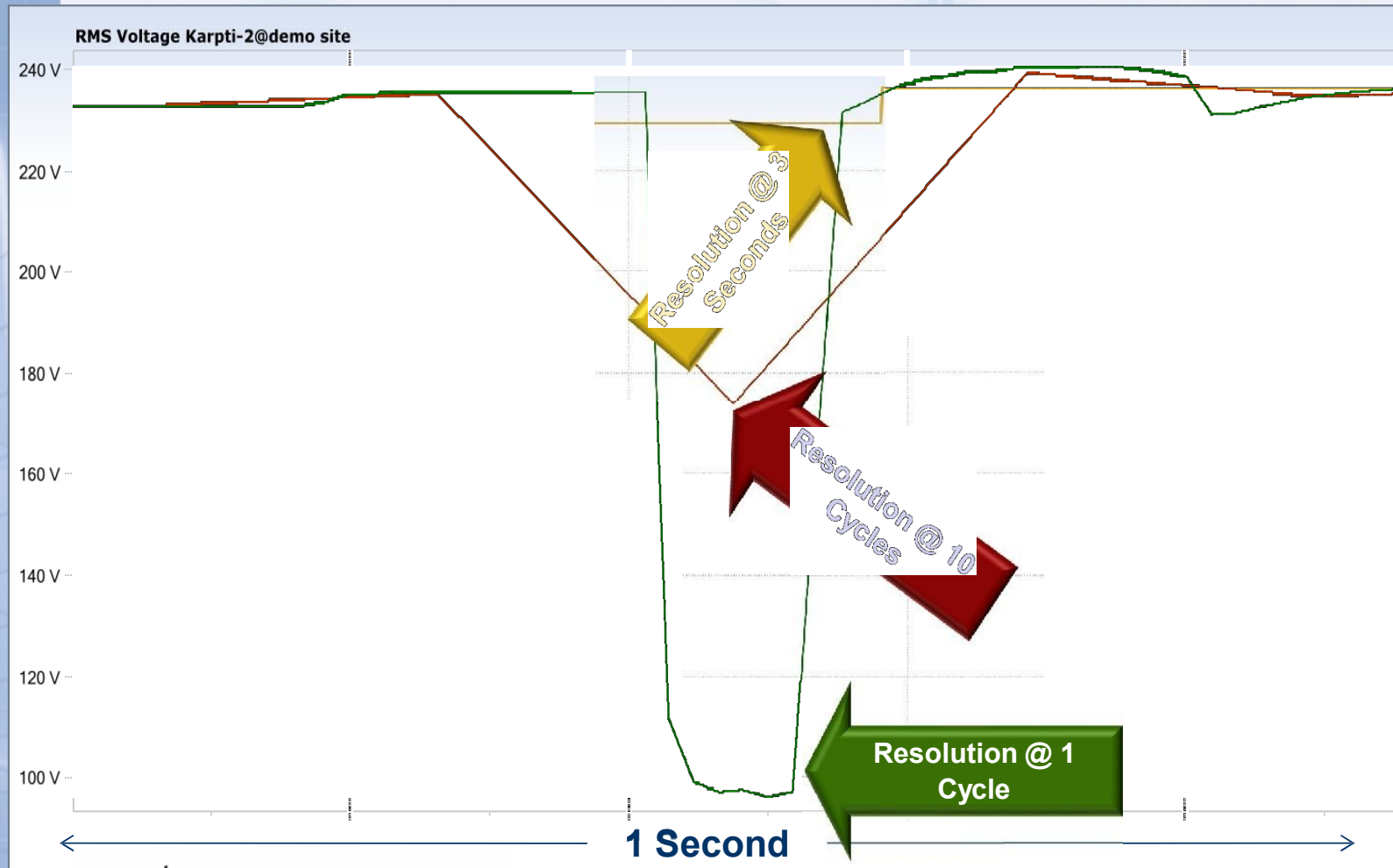
Nutno měřit a vyhodnocovat na fyzikální úrovni

Velikost napájecího napětí



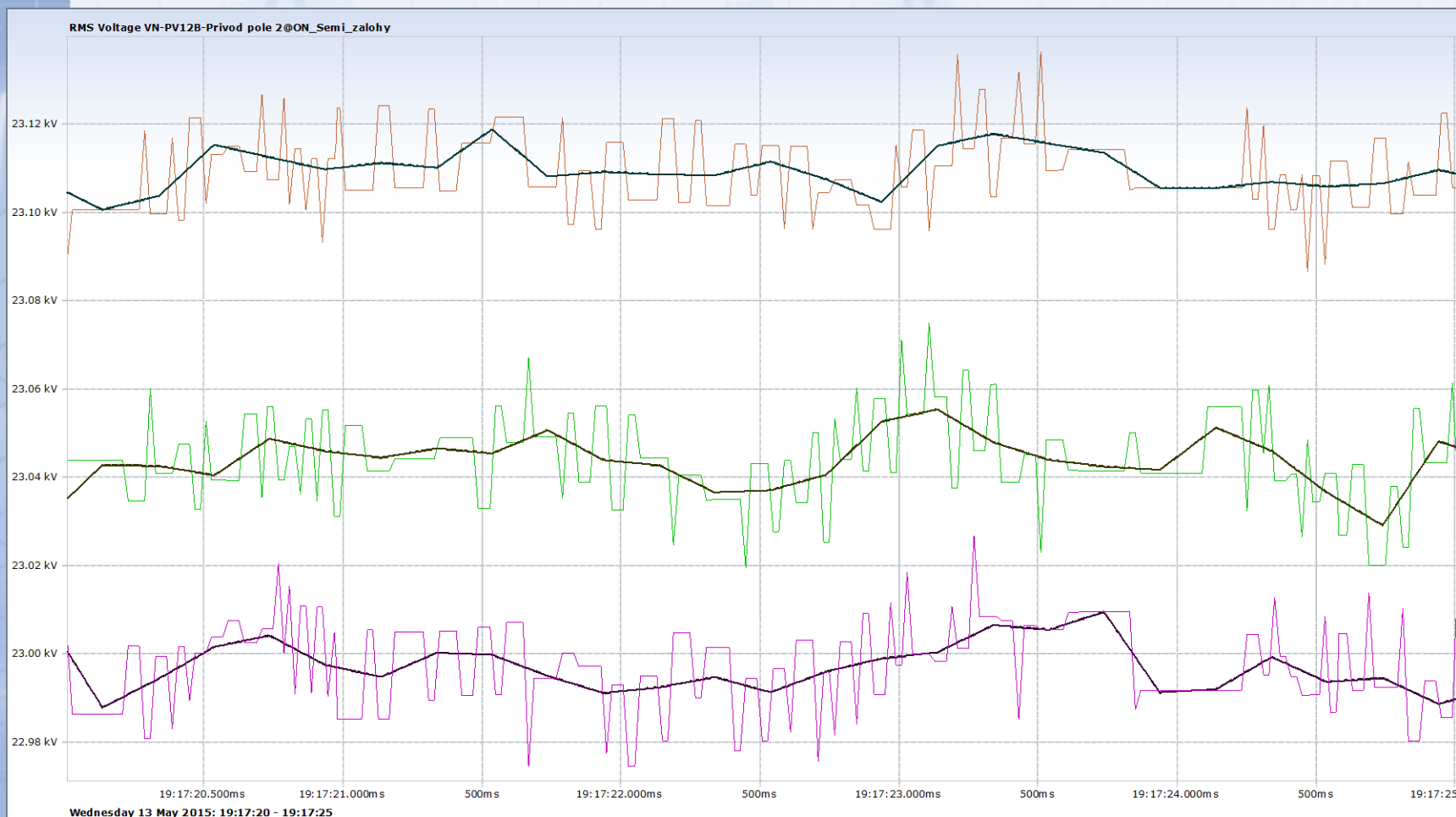
BLACKBOX

Velikost napájecího napětí



BLACKBOX

Velikost napájecího napětí



Kde vzniká nekvalita elektřiny v závodě ?



Účiník

- Provoz indukčních strojů
- Harmonické

Napěťová nesymetrie

- Nevyvážené rozdělení jednofázových odběrů
- Poruchy spotřebičů
- Harmonické

Kolísání napětí

- Zapínání velkých zátěží
- Odrazy na vedení
- Rezonance harmonických složek

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

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

Napět'ová nesymetrie

Důsledky napět'ové nesymetrie

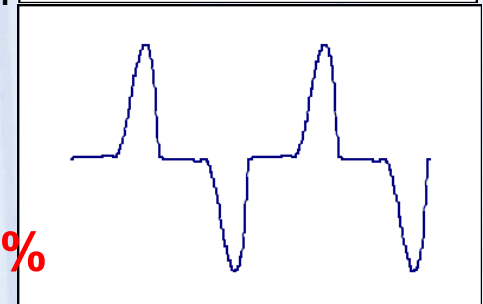
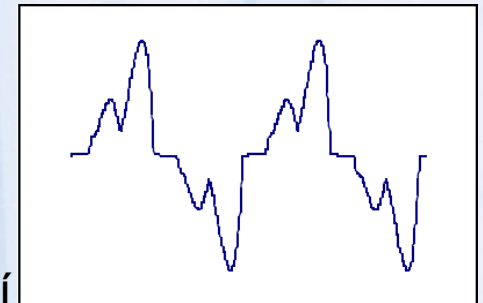
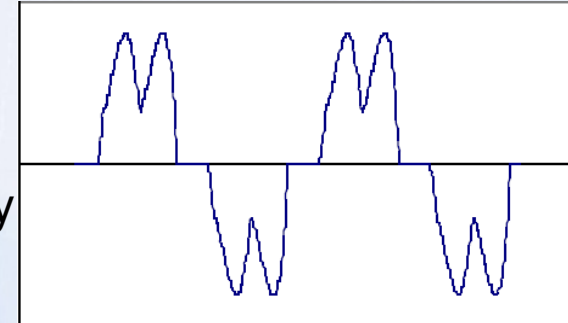
Řízený pohon

- 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!



...ŘEŠENÍ PRO VAŠE MĚŘENÍ



Kolísání napětí

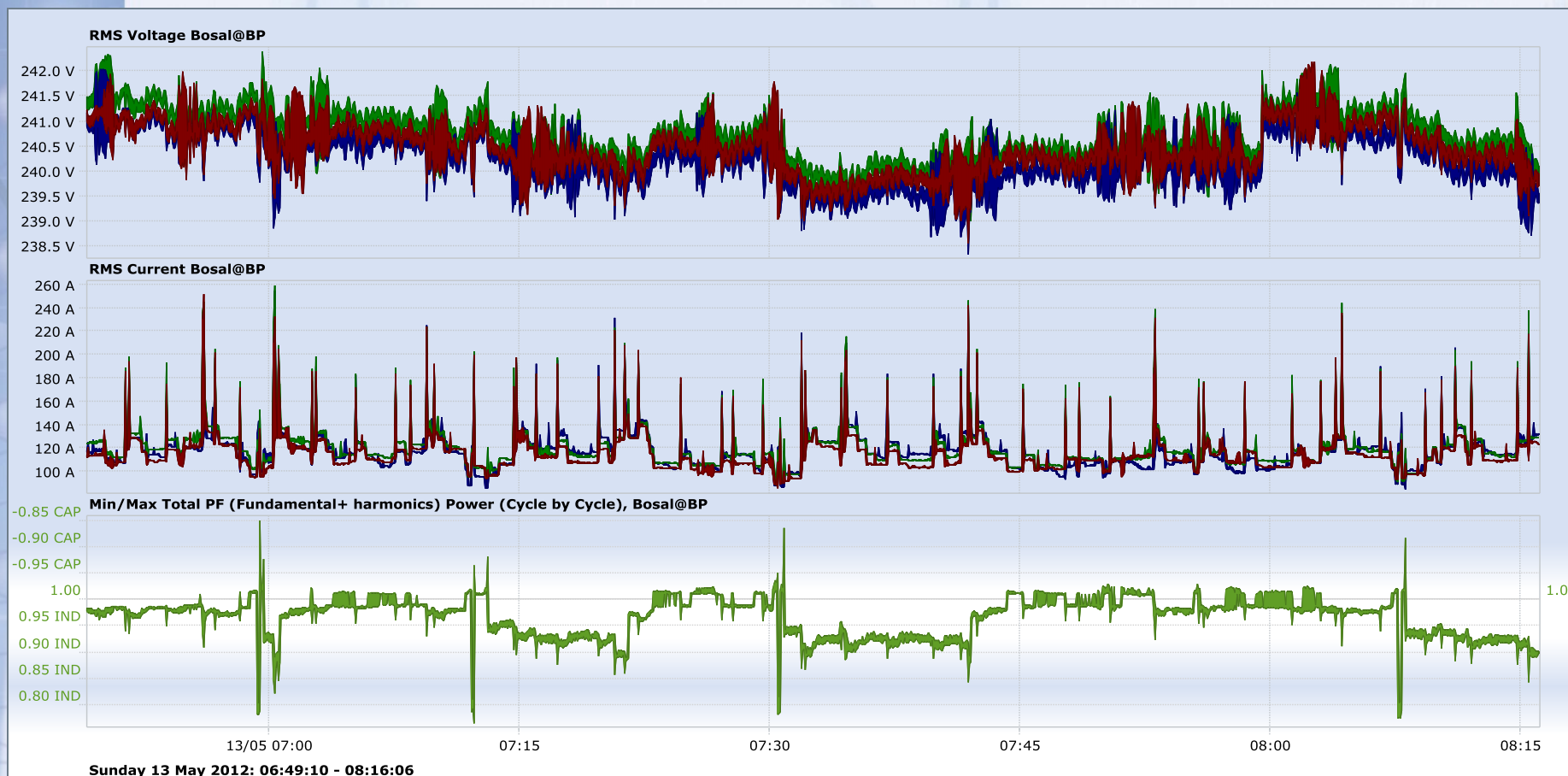
Následky:

- Výpadky výrobních zařízení – Prostoje
- Přetížení
 - Nadměrný ohřev
 - Poškození izolace
 - Snížení životnosti stroje
- Energetické ztráty

Kolísání velikosti napětí



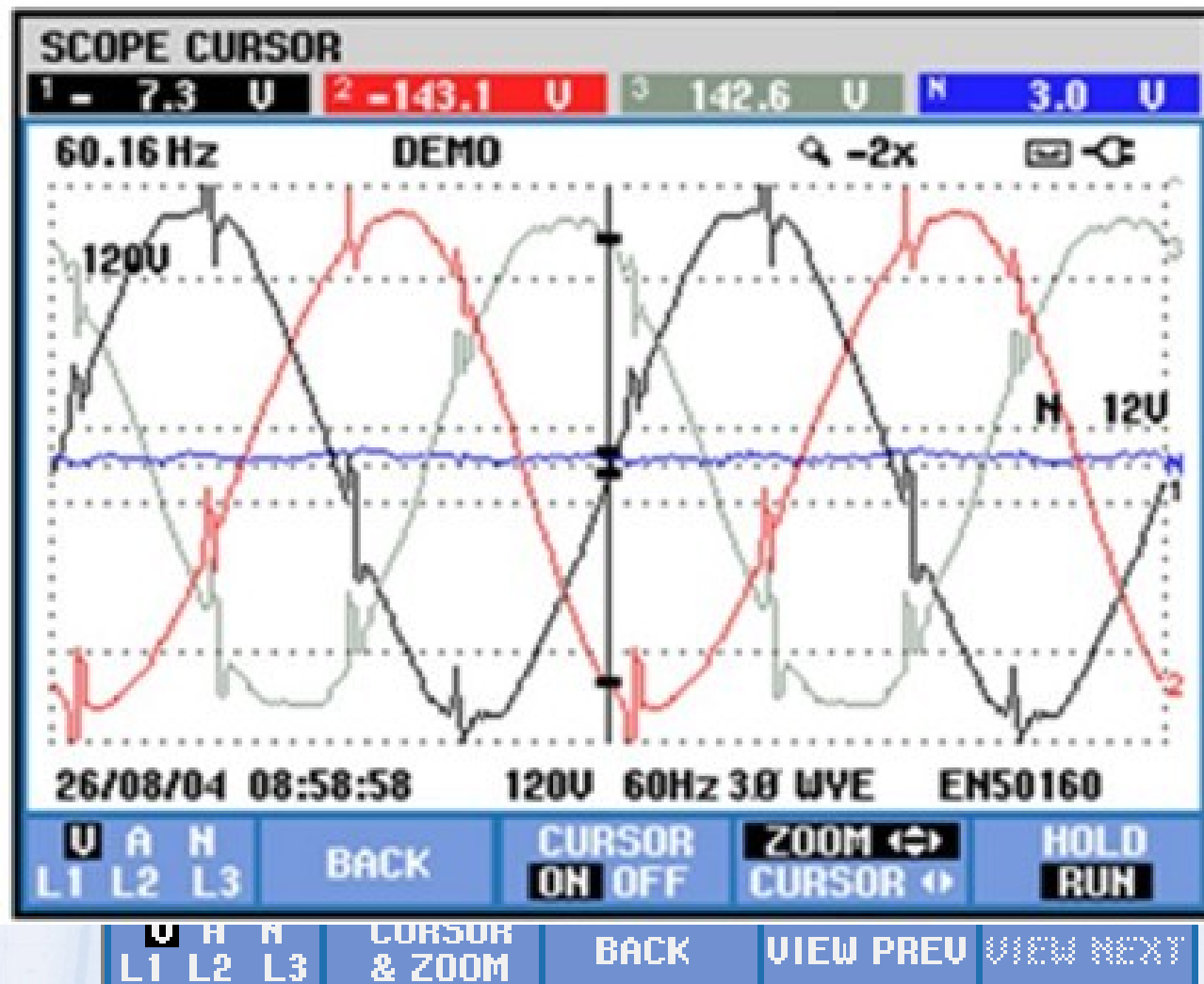
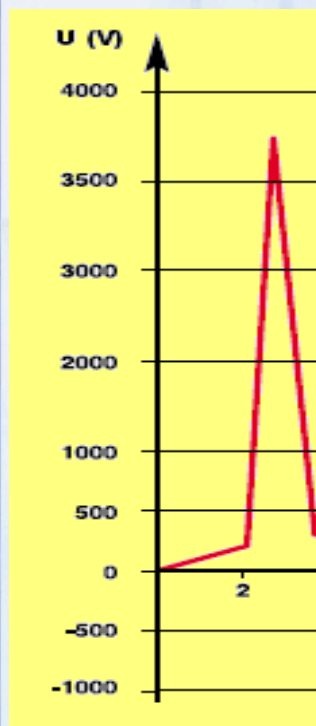
...ŘEŠENÍ PRO VAŠE MĚŘENÍ



Přechodná přepětí impulzní napětí - špičky

špičky < 10ms

Délka trvání kr
Maxima až jed



Přechodná přepětí impulzní napětí - špičky

Příčina vzniku:

- Spínání a rozpínání zátěží
- Odrazy na vedení
- Zkratky na vedení
- Atmosférické poruchy

Následky:

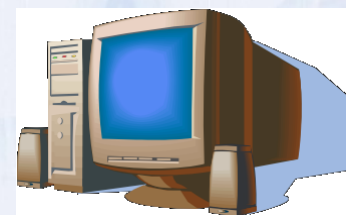
- Výpadky výrobních zařízení - Prostoje
- Výpadky napájení vlivem zásahu přepět'ových ochran
- Napět'ové průrazy - Poškození izolace

Harmonické zkreslení



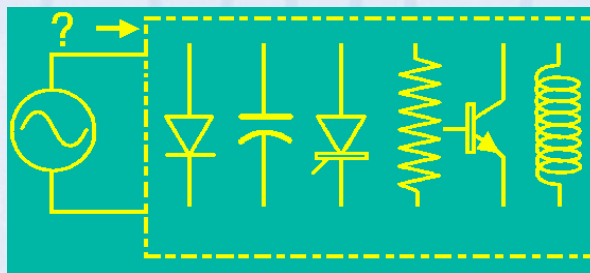
JPS -nepřerušitelné zdroje proudu

- Výstupní proud UPS je nesinusový s vysokým obsahem harmonických
- **Asynchronní motory řízené elektronickými regulátory otáček**
 - změna frekvence a amplitudy napájecího proudu
 - pulsní regulátory - napěťové řízení



Obecně

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



Vlivy harmonických

▪ Okamžité vlivy

- Poruchy při provozu ochranných prvků
 - Relé, chráničů , pojistek...

▪ Středně a dlouhodobé vlivy

- Přehřívání zařízení zkrácení zvýšení spotřeby
- Ztráty ve vedení

Vlivy harmonických

Souhrn elektrických zařízení ovlivňovaných harmonickými

- **Točivé stroje**
 - 3-fázové motory a generátory
- **Transformátory**
- **Kabely**
- **Přídavné oteplení statorového vinutí, oscilace rotoru vedoucí ke ztrátě mechanické stability a zvýšení hluku motoru**
- **Přídavné zvýšení ztrát v železe - Foucaultovými proudy a ve vinutí. Riziko přesycení.**
- **Zvýšení ohmických ztrát zvláště pak v neutrálním vodiči, kterým tečou proudy třetí harmonické. Koroze hliníkových kabelů vlivem ss proud.**

Redukce harmonickými – významný zdroj úspor

Vlivy harmonických



...ŘEŠENÍ PRO VAŠE MĚŘENÍ

Souhrn elektrických zařízení ovlivňovaných harmonickými

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

Odstraněním vlivu:



nízkého účinníku

napěťového a proudového nevyvážení

vlivu harmonických složek

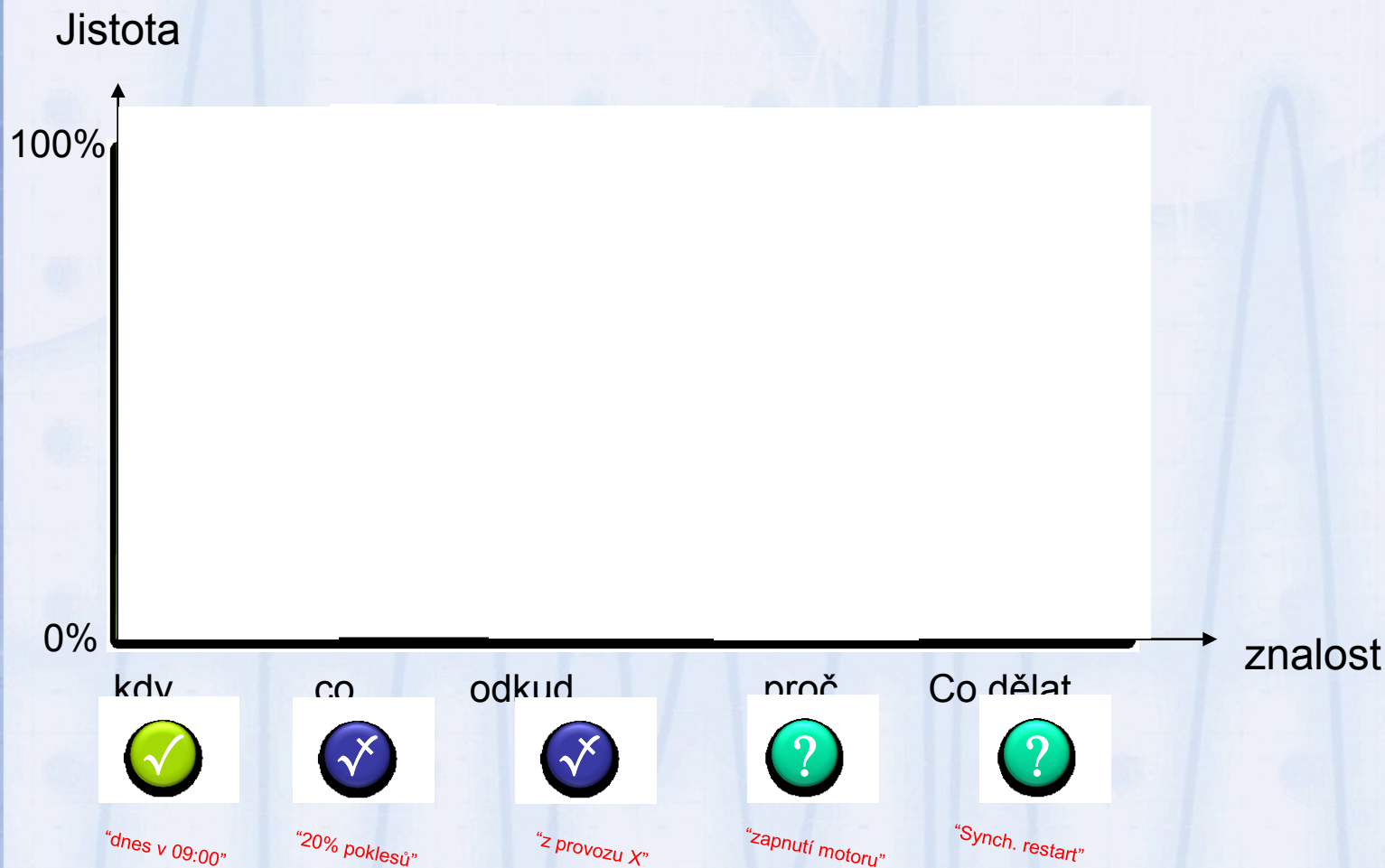
kolísání napětí

Lze získat úsporu 5-15%

Trvalý monitoring kvality elektrické energie

Ing. Jaroslav Smetana

Dostupnost znalostí při zjišťování anomálií v energii



Dostupnost znalostí při zjišťování anomálií v energii



...ŘEŠENÍ PRO VAŠE MĚŘENÍ

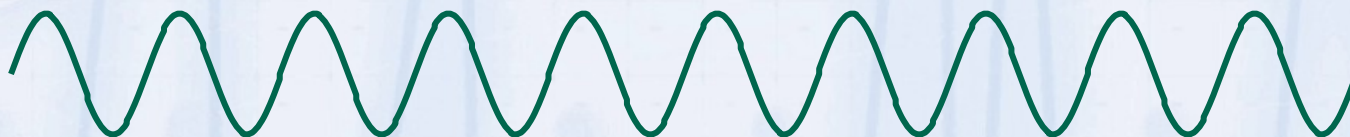


PQZIP Data kompresní technologie

Všechna data – ne je vypočtená

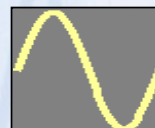


- Jedinečná patentovaná technika PQZip pro kompresi elektrických data přináší affords the zcela novou výhodu nekonečného záznamu dat a jejich ukládání.
- PQZip řeší problém s kapacitou pro ukládání dat.
- Typická komprese v poměru 1000:1 umožní uložit všechna elektrická data sítě za dobu jednoho roku do prostoru pouze 8GB



=

10 ×

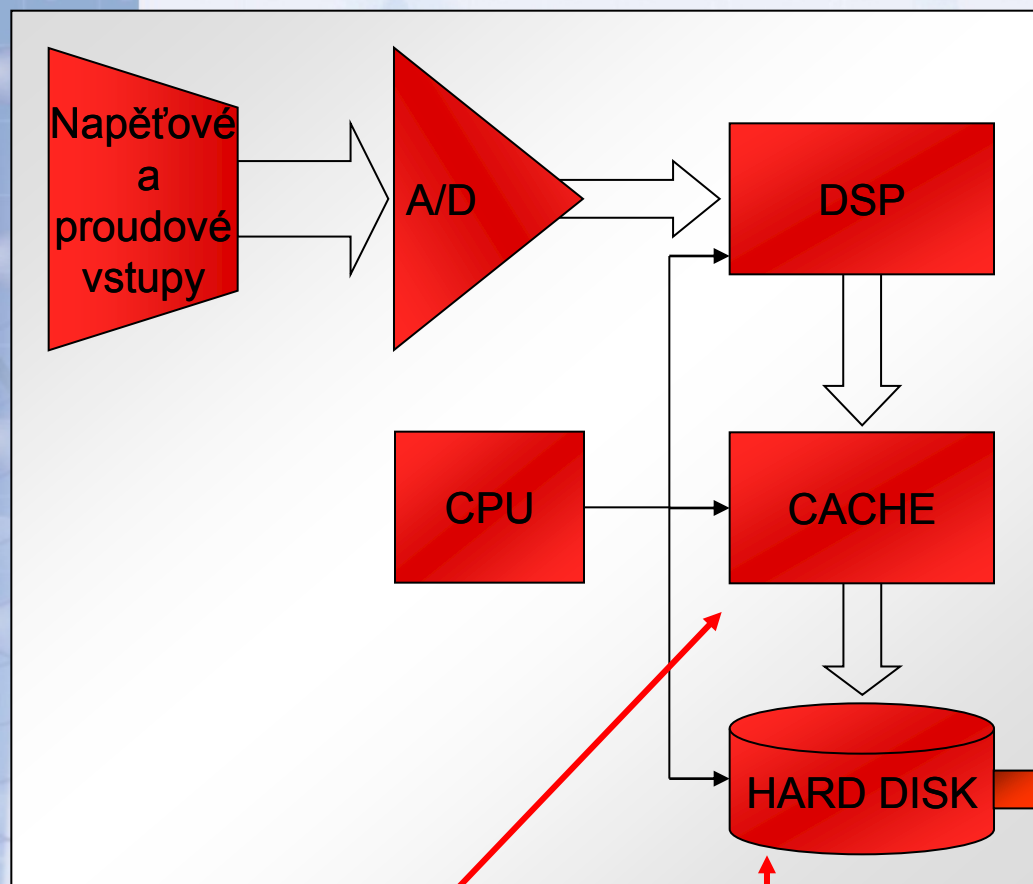


Měření prováděná bez datové komprese

Blue Panther
instruments

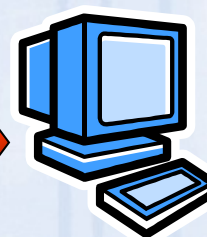


...ŘEŠENÍ PRO VAŠE MĚŘENÍ



× 8 kanálů
× 256-1024 vzorků
× 16 bits/vzorek
× 50/60 period

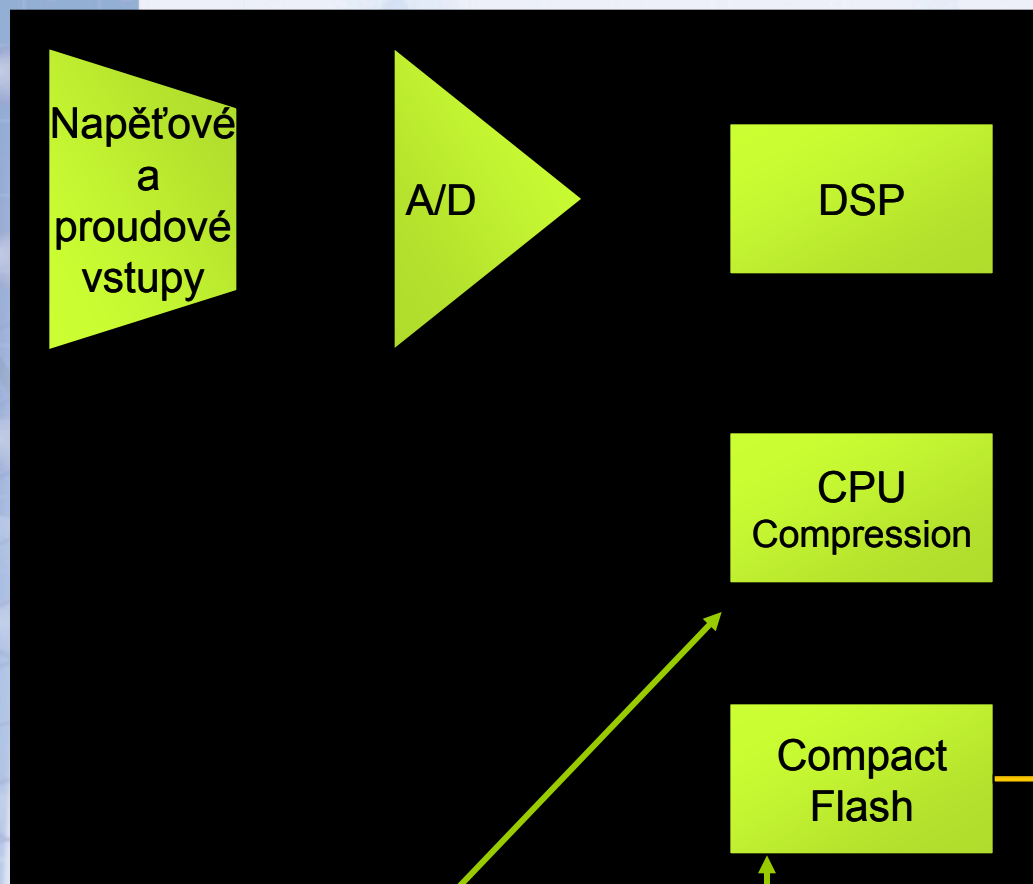
až 7,864,320 bitů na sekundu
=> 679,477,248,000 bitů na den
=> **28.2 Terra Bytů na rok**



Měření s PQZIP data kompresí



...ŘEŠENÍ PRO VAŠE MĚŘENÍ



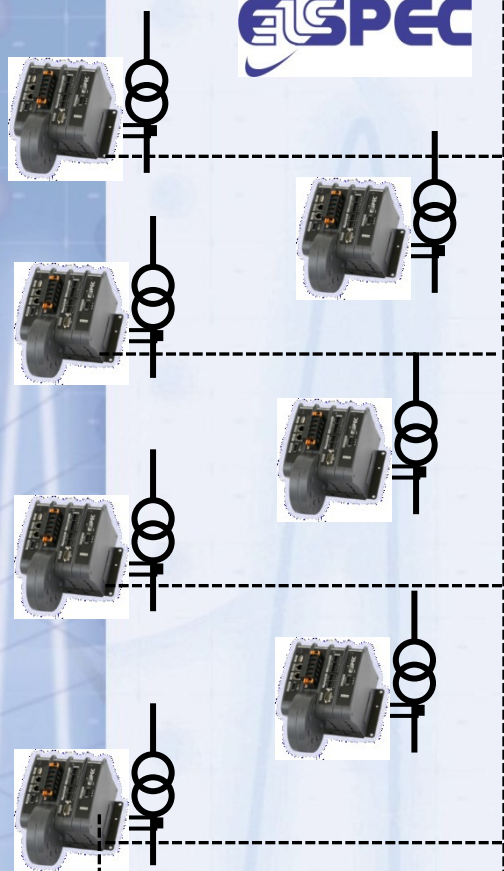
× 8 kanálů
× 256-1024 vzorků
× 16 bitů/vzorek
/ 50/60 period
1,000 komprese

Typicky 1,966 bitů na sekundu

=> **7.75 Giga Bytů na rok**



Řešení monitoringu



MODBUS



Přenosný anal.
G4500 údržba



Blue Panther
instruments

...ŘEŠENÍ PRO VAŠE MĚŘENÍ

LAN síť závodu

PQScada
Společná databáze



Server

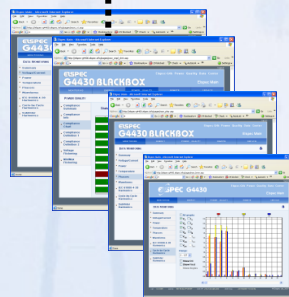
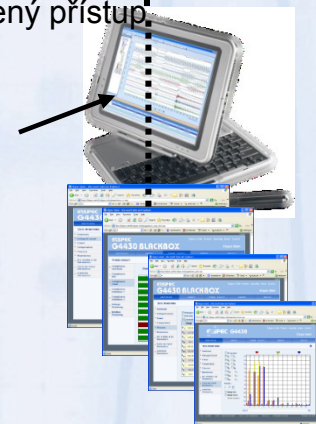
Místní PC



Internet

PC BP

Pro vzdálený přístup



ELSPEC G4000 BLACKBOX

- Digitální záznamník poruch
- Analyzátor kvality
- Měřič výkonu třídy-A
- Měřič energie na úrovni plateb



...ŘEŠENÍ PRO VAŠE MĚŘENÍ

Měření:

- ❖ 2 paralelně počítající stroje:
IEC 61000-4-30 Class-A a perioda-perioda,
- ❖ Až od 511 harmonické
- ❖ Plné rozlišení 8000V / 75A při vysoké přesnosti
- ❖ Real time flickering – 2, 10 a 60 sekundové periody
- ❖ Periodické ukládání 4 kvadrantové energie (aktivní a reaktivní) pro celkem 16 parametrů
- ❖ Detailní Inter- a Sub-harmonické



ELSPEC G4000 BLACKBOX

Integrované web servers v EG4K BLACKBOX umožní přímé a plné monitorování a řízení v reálném čase kteréhokoliv zařízení připojeného do sítě.

- Intuitivní a snadná práce v grafickém prostředí webových stránek na kterékoliv lokaci
 - není třeba žádné instalace
- Monitorování, řízení a správa a analyzování dat sítě může být prováděna použitím webového rozhraní.
- 3-úrovně uživatelských práv a cryptographické protokoly
- Elspec G4100 remote display emulator

**Úplný
Web Server
On line přístup**

Průběh
Harmonické
Fázové



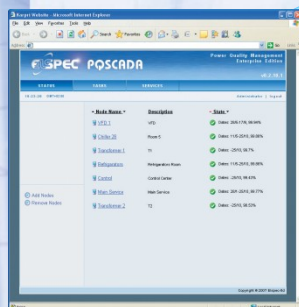
Nastavení výkonu

Archivuje, stahuje a spravuje data z připojených analyzátorů G44XX

- Rychlé pořizování dat z různých přístrojů na různých protokolech v reálném čase
- Hladké a snadné upozorňování přes E-mail / SMS
- Automatická/ Manuální generace zpráv
- Distribuovaná architektura pro nejlepší parametry a spolehlivé propojení s třetími stranami
- Modulární design umožňuje přidávání modulů i při běhu systému

Hierarchická struktura umožňuje snadné použití

Status zařízení v reálném čase



Node Name ▼	Description	State ▼
 VFD 1	VFD	 Dates: 28/5-17/9, 99.94%
 Chiller 28	Room 5	 Dates: 11/5-25/10, 99.86%
 Transformer 1	T1	 Dates: -25/10, 99.7%
 Refrigerators	Refrigerators Room	 Dates: 11/5-25/10, 99.86%
 Control	Control Center	 Dates: -25/10, 99.43%
 Main Service	Main Service	 Dates: 28/1-25/10, 99.77%
 Transformer 2	T2	 Dates: -25/10, 98.53%

Specifikace časového úseku

Umožní uživateli pohyb v čase, rychle zobrazit jakoukoliv anomálii na síti.
Informace, které mají být ignorovány analýzou událostí jsou is vyneseny PQSCADA Investigatorem na jeden jasný zvolitelný časová úsek.



Vyber kteréhokoliv parametru

Výběr / Přidání kteréhokoliv parametru během analýzy

Zapnutí post processing výpočtu:

- Průběhů

- Energie

- Napětí – Proud - Výkon

- Spotřeba Plynů

- Spotřeba Tepla

- Spotřeba Tlakového vzduchu

- Frekvence

- Teploty

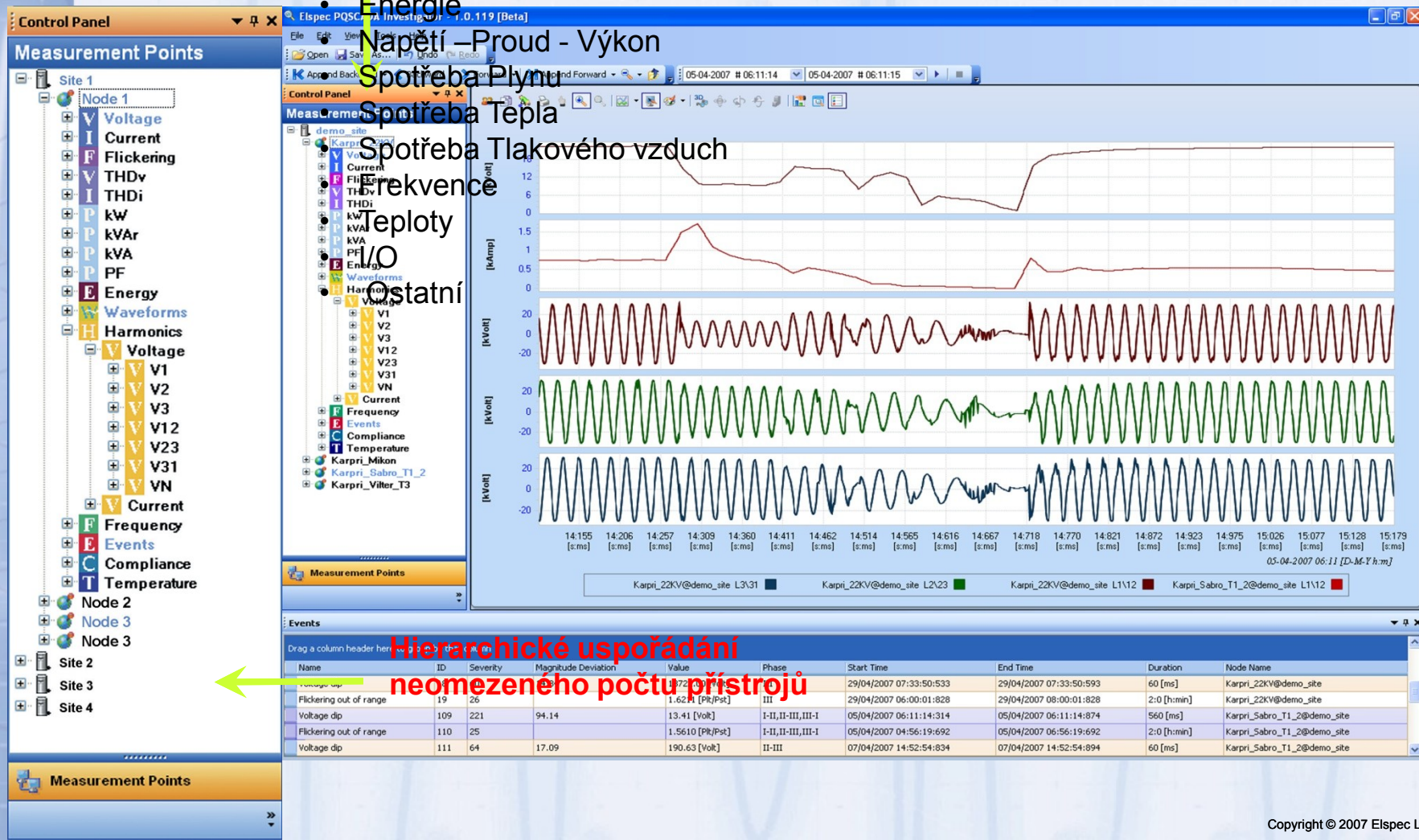
- I/O

- Ostatní



instruments

...ŘEŠENÍ PRO VAŠE MĚŘENÍ



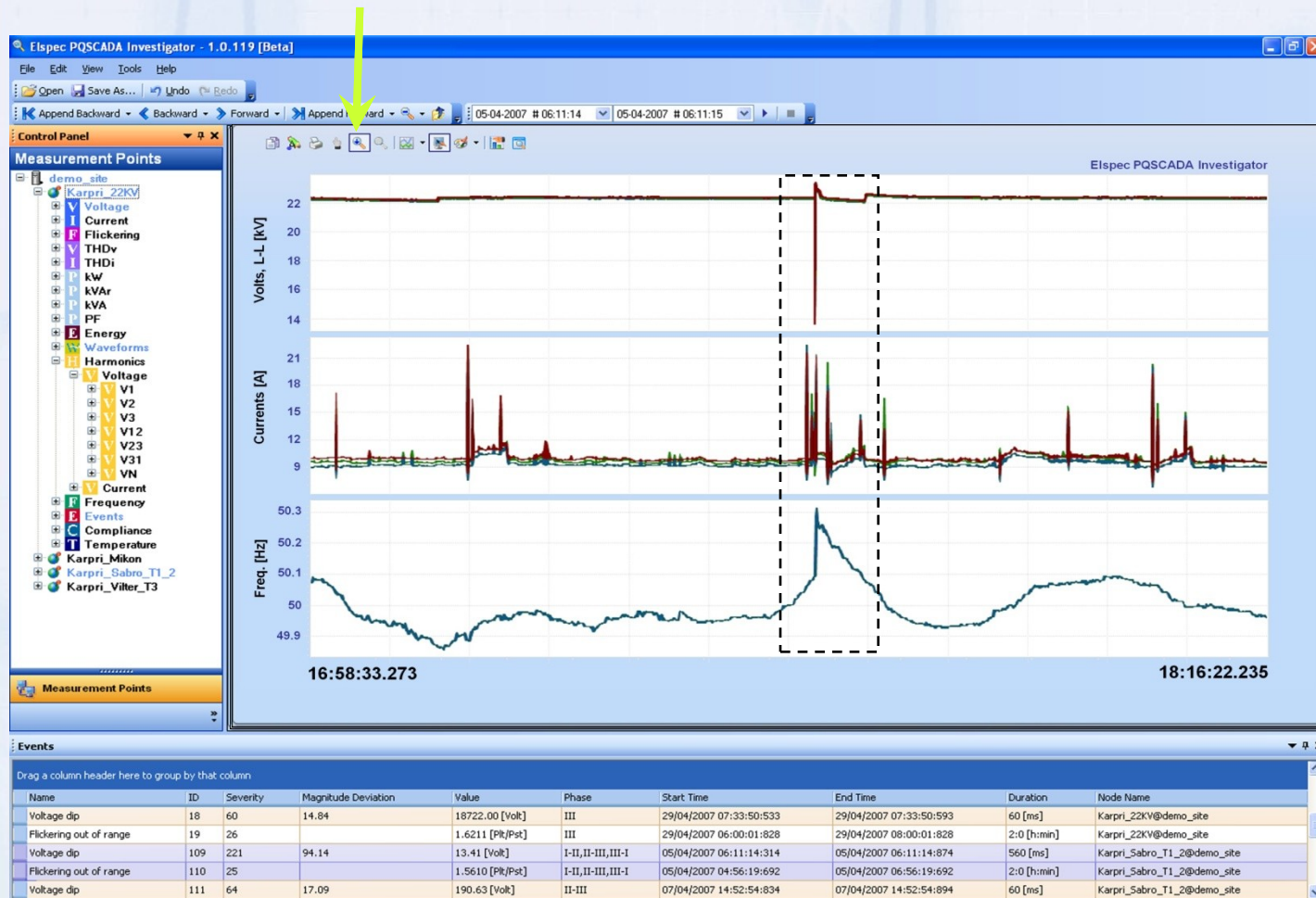
Hierarchické uspořádání
neomezeného počtu přístrojů



Zoom In/Out

Zobrazení dat v jakémkoliv rozlišení, zoomování informací od roků až po milisekundy a opačně. Identifikace zdroje anomálií a mpožnost vidět jejich šíření.

...ŘEŠENÍ PRO VAŠE MĚŘENÍ

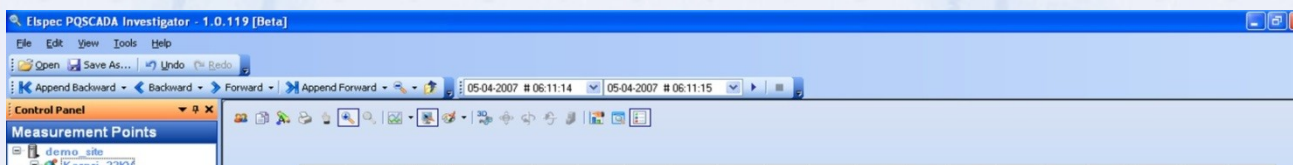




Filtrování událostí a vážnost události

...ŘEŠENÍ PRO VAŠE MĚŘENÍ

- Podmínky událostí, spouštěče a a seskupování podle nastavení prahů na nasbíraných datech
- Žádné spouštěče – žádné nastavení prahů na měřicích místech před záznamem
- Všechna zaznamenaná data obsahují vše – žádné informace nejsou ztraceny
- Možnost přemodifikování seskupení a nastavení podle budoucích doporučení a norem



Events

Name: Severity:

Name	ID	Magnitude	Deviation	Severity	Value	Phase	Start Time	End Time	Duration	Node Name
+ Name: Flickering out of range										
+ Name: Frequency out of range										
+ Name: Rapid voltage changes										
- Name: Voltage dip										
Severity: 162										
Voltage dip	290	66.02		162	7467.50 [Volt]	NA	27/12/2006 06:58:42:289	27/12/2006 06:58:42:429	140 [ms]	KP_22KV@demo_site
Voltage dip	295	65.43		162			11:50:417	27/12/2006 07:11:50:778	361 [ms]	KP_22KV@demo_site
+ Severity: 159										
+ Severity: 157										
+ Severity: 142										

[X] [Node Name] = 'KP_22KV@demo_site'

Output
Ready

Mnoha úroňové
seskupení

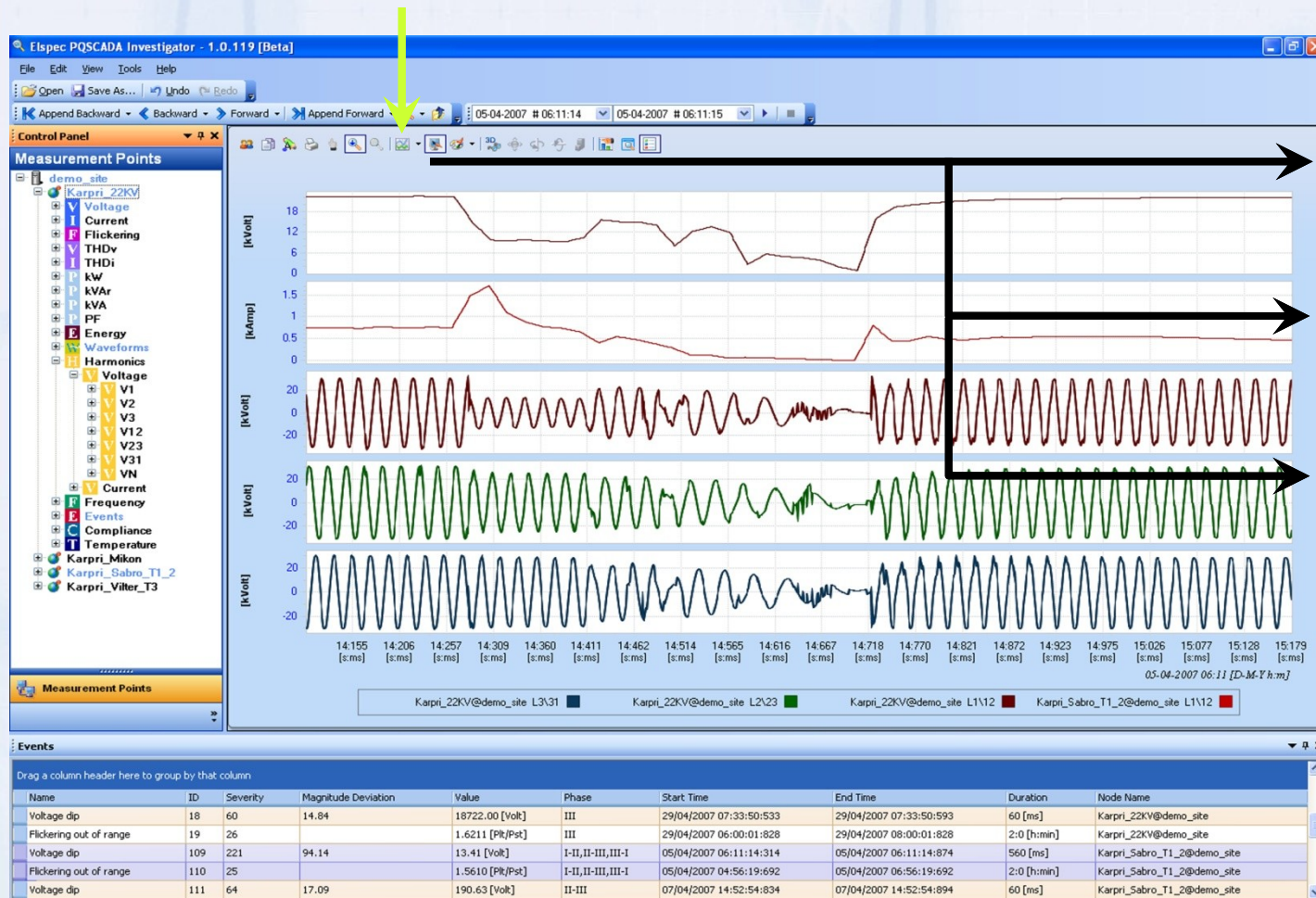
Filtrování na jakýkoliv
parametr



Export

Export grafů a dat do m, noha formátů jako např.: Metafile, Microsoft Excel, PQDIF
(Průběhy, Energie, RMS, U/I, THD, Frekvence, Teplota a další)

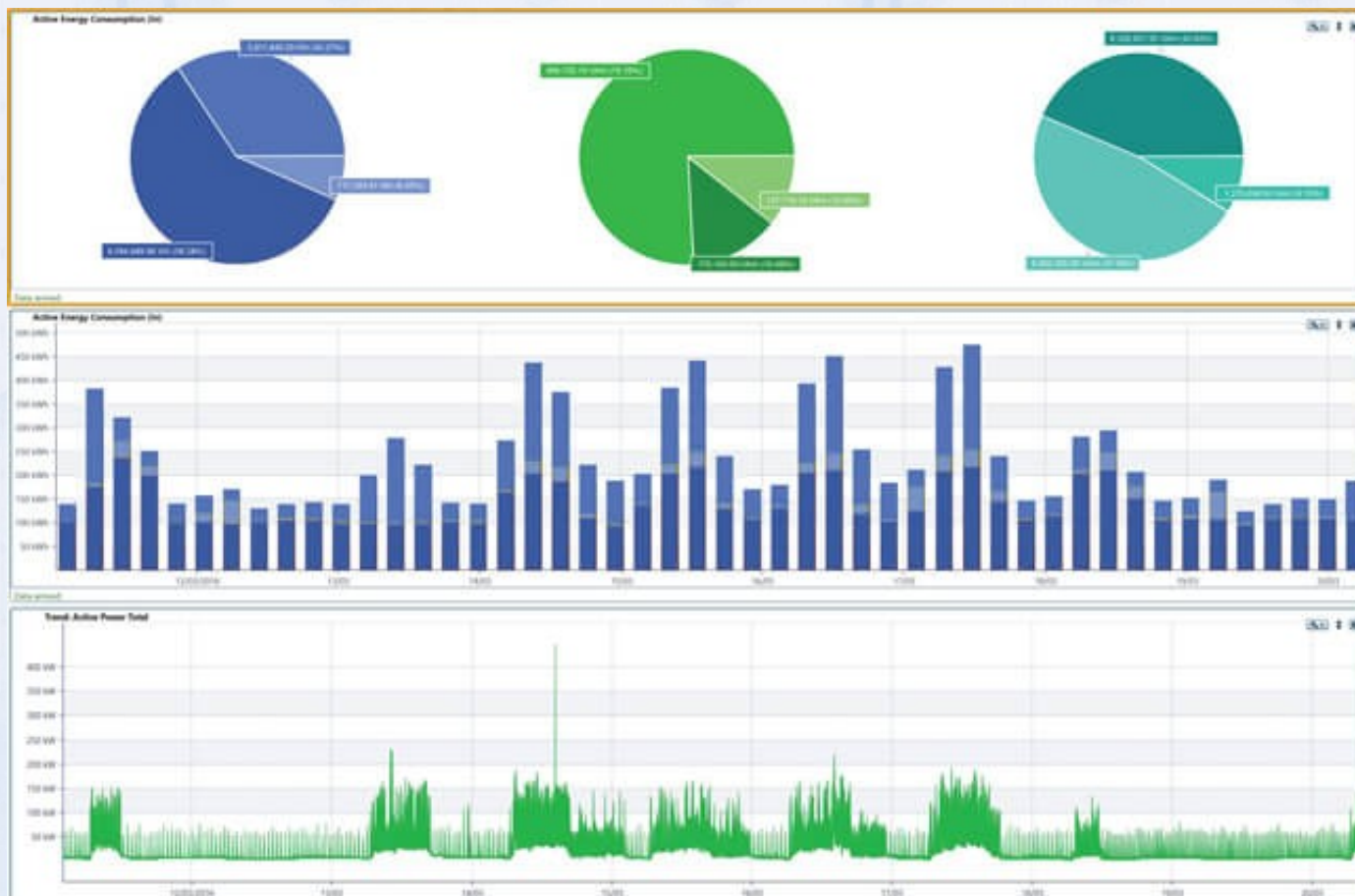
...ŘEŠENÍ PRO VAŠE MĚŘENÍ

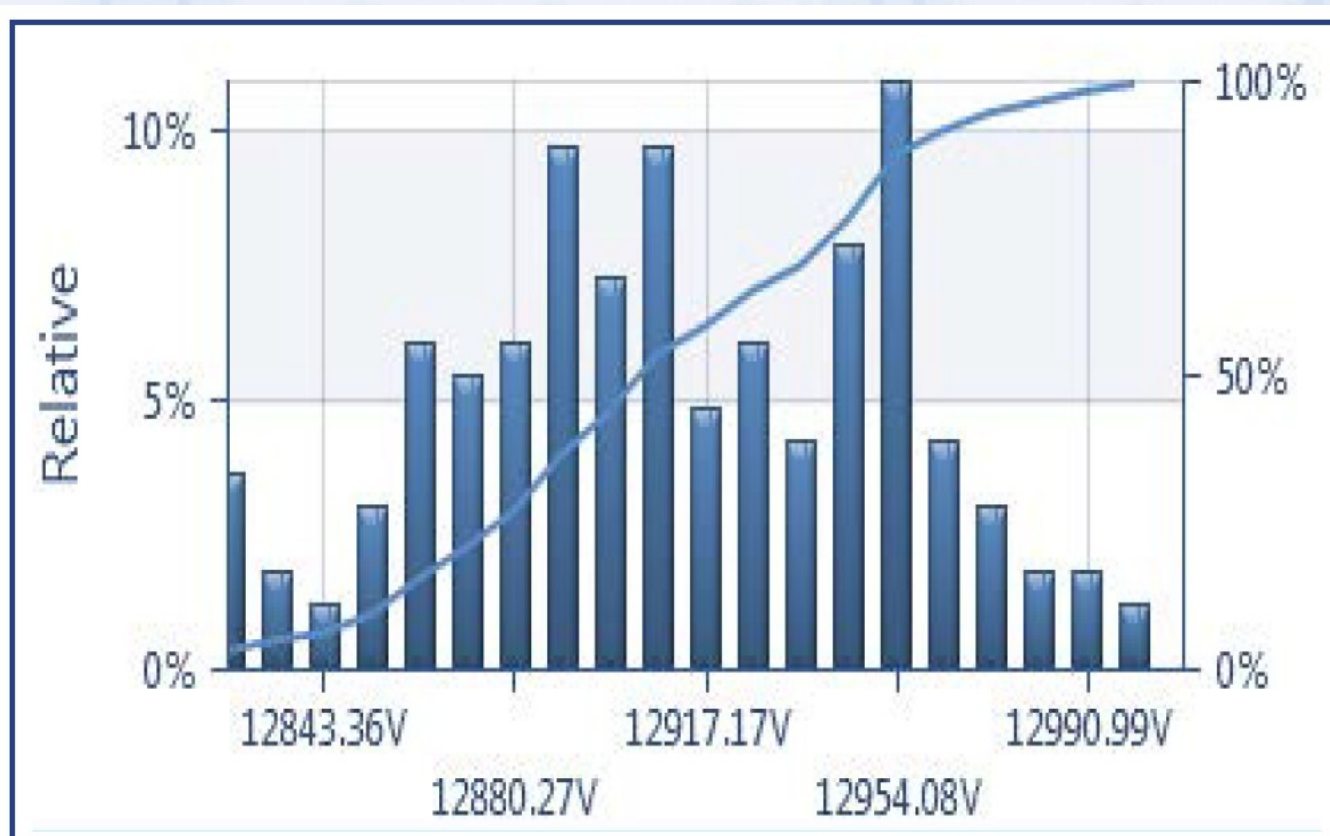


Metafile

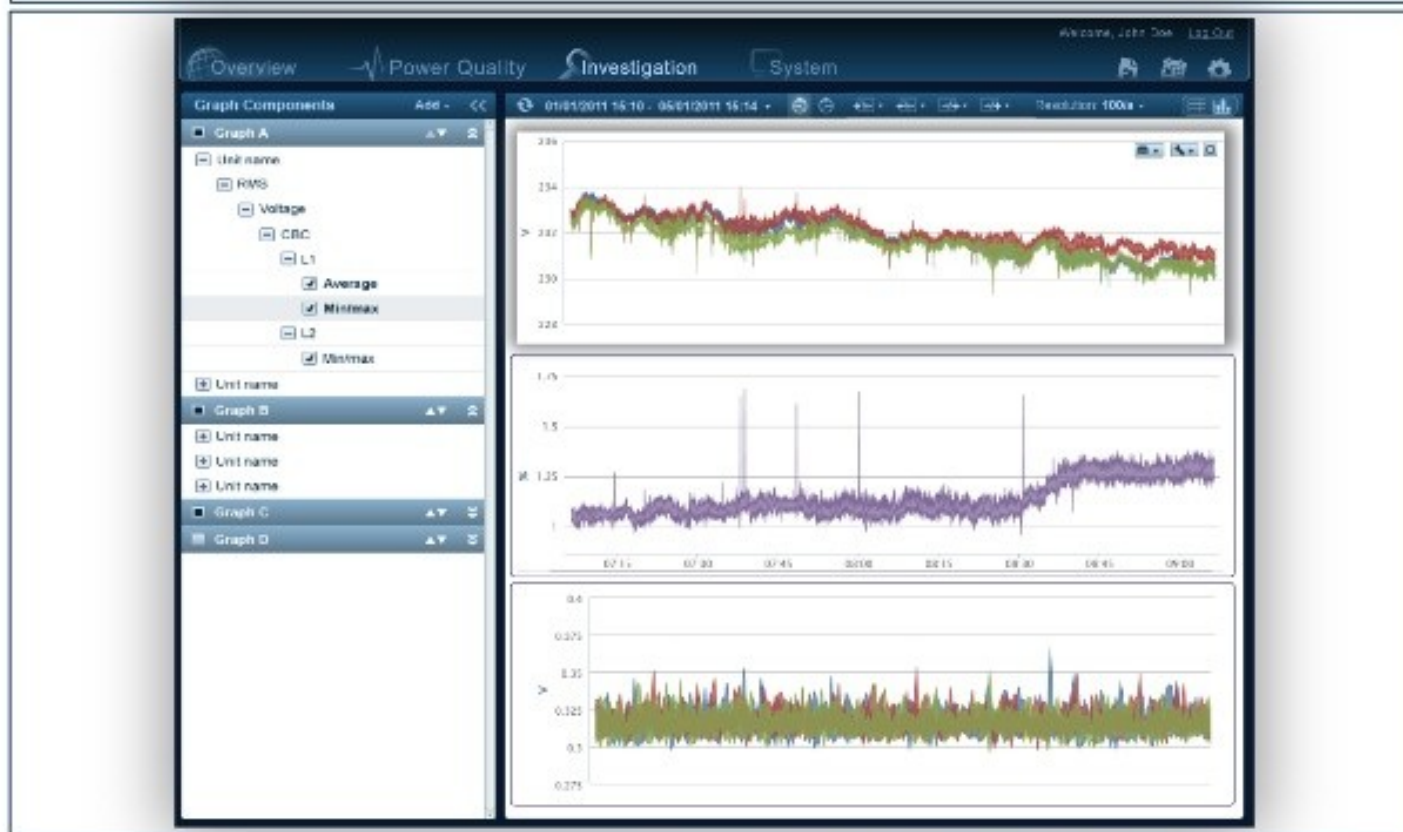
Microsoft
Excel

PQDIF





PQSCADA 5 - INVESTIGATOR



PQSCADA 5 - OVERVIEW [SINGLE MAP]



Automatický kalkulátor podílu ztrát



Analyzátor Fluke 435 II

Lze použít pro měření a výpočet jak spotřeby tak i k výpočtu plýtvání.

Lze vyčíslit jak mnoho se plýtvá a kolik ztrát přič faktorů využitím patentované metody

Unified Power.

Rozdělené celkového výkonu na složky

Napětí: $u(t) = u_+(t) + u_U(t) + u_H(t)$

Proud: $i(t) = i_+(t) + i_R(t) + i_U(t) + i_H(t)$

Výkon: $p(t) = u(t) \cdot i(t) = p_E(t) + p_R(t) + p_U(t) + p_H(t)$



Kde;

index U = Nevyvážení

index H = Harmonické

index R = Reaktivní

index E = Efektivní

Efektivní
(Aktivní)

Reaktivní

nevyvážení

harmonické

Kalkulátor ztrát Fluke



Identifikuje, vyčísluje a oceňuje úplné ztráty energie, včetně harmonických, nevyvážení, účinníku a kabeláže

Činný výkon v kilowatech

Reaktivní (jalový) výkon kVAR

Výkon spojený s nevyvážením

Výkon spojený s harmonickými

Proud nulovým vodičem

Celková cena ztrát v kilowatthodinách za rok

ENERGY LOSS CALCULATOR

DEMO		0:02:13			
		Total	Loss	Cost	
Effective	kW	187	kW 15.6	Eur	2.33 /hr
Reactive	kvar	25	kW 0.3	Eur	0.04 /hr
Unbalance	kVA	22	kW 0.4	Eur	0.07 /hr
Distortion	kVA	35	kW 1.6	Eur	0.24 /hr
Neutral	A	38.0	kW 0.1	Eur	0.01 /hr
Total				kEur 23.64/y	
10/28/12 13:41:08		230V 50Hz 3Ø WYE		EN50160	
LENGTH	DIAMETER	METER		RATE	HOLD
200 m	50 mm2			0.15 /kWh	RUN

Délka a průřez kabelu je zabudována do výpočtu ztrát

Kalkulace Electro-mechanického plýtvání

Kalkulátor ztrát

ENERGY LOSS CALCULATOR

		DEMO 0:02:13			
		Total	Loss	Cost	
Effective	kW	187	kW 15.6	Eur	2.33 /hr
Reactive	kvar	25	kW 0.3	Eur	0.04 /hr
Unbalance	kVA	22	kW 0.4	Eur	0.07 /hr
Distortion	kVA	35	kW 1.6	Eur	0.24 /hr
Neutral	A	38.0	kW 0.1	Eur	0.01 /hr
Total			kEur 23.64/y		

10/28/12 13:41:08 230V 50Hz 3Ø WYE EN50160

LENGTH 200 m DIAMETER 50 mm2 METER RATE 0.15 /kWh HOLD RUN

Unbalance

		DEMO 0:01:15			
		Vneg.	Vzero	Aneg.	Azero
Unbal.(%)		9.1	8.4	15.7	1.7
		A	B	C	N
Vfund		114.0	88.4	88.7	0.5
Hz		60.16			
∠V(°)		0	-122	-241	-125
∠A-V(°)		-8	-15	0	0
		A	B	C	N
Rfund		278	216	223	0
		01/08/03 06:56:50 120V 60Hz 3Ø WYE EN50160			

TREND HOLD RUN

Elektrický systém a mapa spotřeby a ztrát



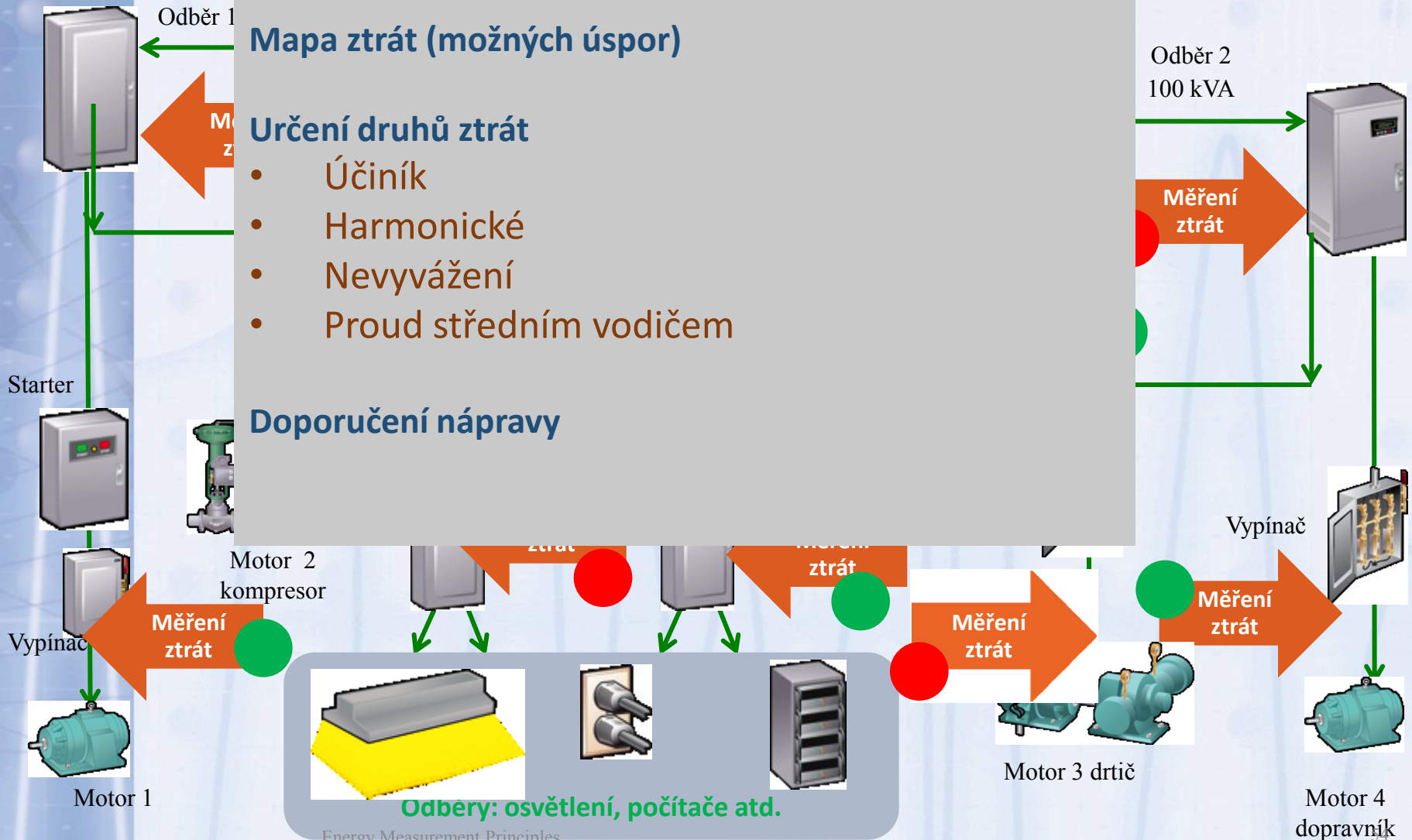
Mapa spotřeby – skutečná spotřeba

Mapa ztrát (možných úspor)

Určení druhů ztrát

- Účinník
- Harmonické
- Nevvyvážení
- Proud středním vodičem

Doporučení nápravy



Dotazy ?

**Děkuji za pozornost
Ing. Jaroslav Smetana**