PQS

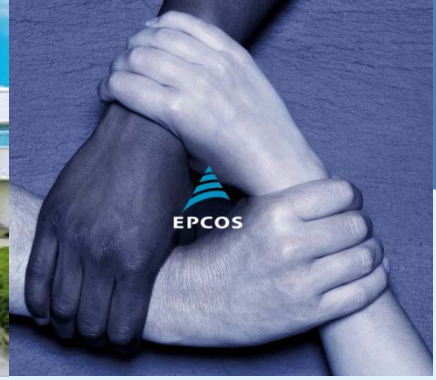
Vítejte!

Power Quality Solutions
Řešení kvality sítě

Česká Republika

EPCOS

PQS



Cíle dneška?

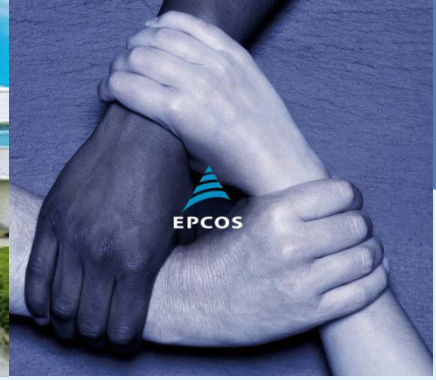
© EPCOS AG 2009

Agenda

1. Úvod
2. EPCOS PQS technologie & produktové portfolio
3. **Power Quality Solutions**
   a. Harmonické a dopad na kvalitu sítě
   b. Techniky filtrů
   c. Regulátor účiníku BR6000
   d. Technika spínání
   e. Návrh rozvaděče
4. Otázky a odpovědi

© EPCOS AG 2009

PQS



1. Úvod

EPCOS

Představení firmy EPCOS

Klíčová data

Předmět obchodu	Elektronické komponenty, moduly a systémy	
Příjmy	**1,48 mld.** €	
Vývoj	**81 mil €** (cca. 5% příjmů)	
Počet továren	23	
Počet zaměstnanců		21,200
	Německo	1,850
	zbytek Evropy	4,450
	Čína	9,700
	zbytek Asie	3,500
	Ameriky	1,700

Vývoj

1968 SIEMENS **Components Group**

1988 SIEMENS **Passive Components and Electron Tubes Group**

1989 **Společný podnik Siemens Matsushita Components**

1999 **EPCOS**
EPCOS vstupuje na burzu

2008 **Většinový akcionář TDK**

© EPCOS AG 2009

EPCOS ve světě

- 23 továren a servisních center
- 6 obchodních ředitelství
- 45 regionálních zastoupení

© EPCOS AG 2009

Certifikace

Všechny naše závody jsou certifikovány a zavázali jsme se chránit naše životní prostředí a šetřit přírodní zdroje.

ISO/TS 16949:2002

(Automotive standard)

ISO 14001

ISO 9001:2000

© EPCOS AG 2009

EPCOS – vysoká spolehlivost výroby

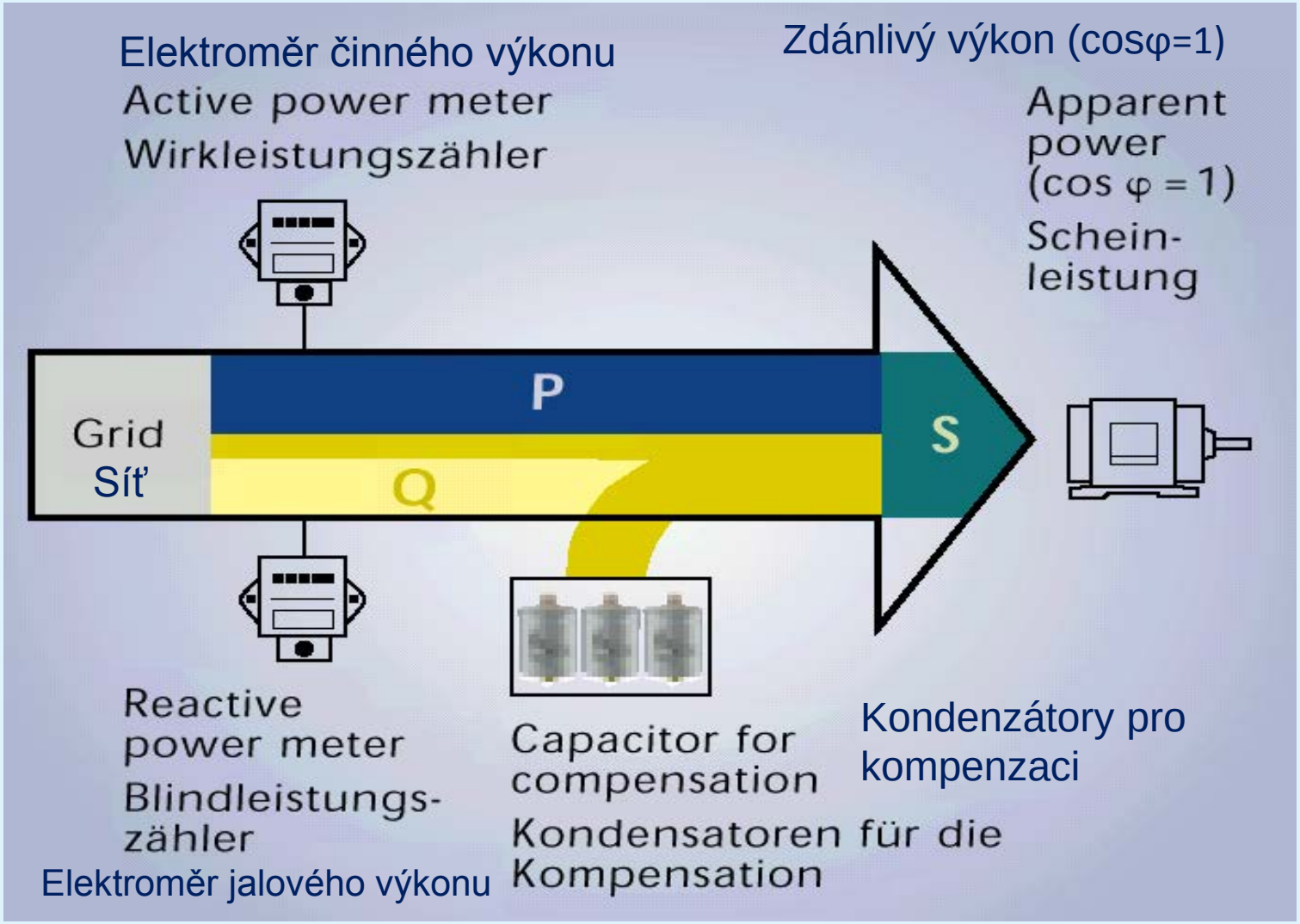
© EPCOS AG 2009

PQS pro apliace všech velikostí a typů

PQS

© EPCOS AG 2009

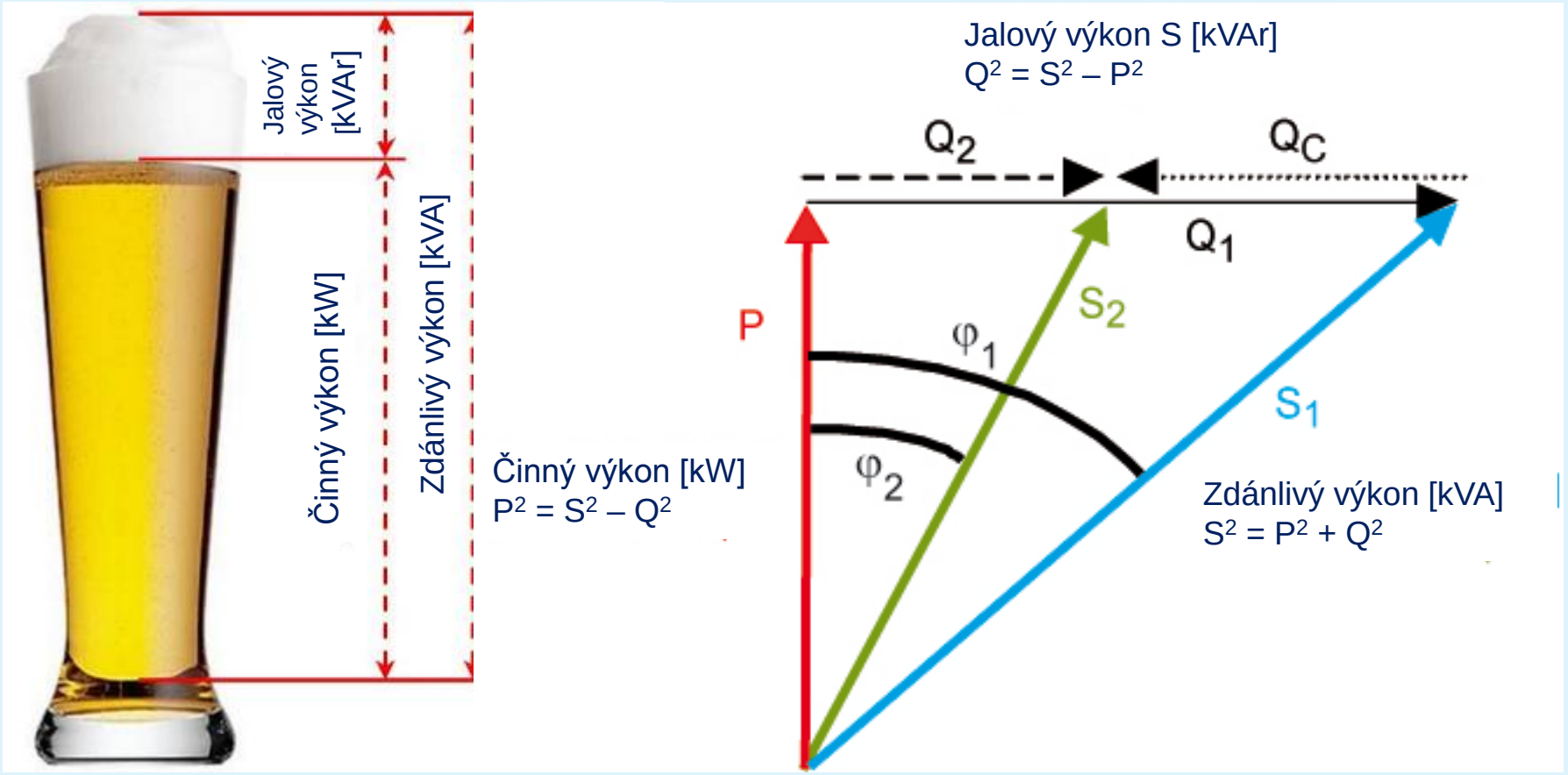
Princip kompenzace



© EPCOS AG 2009

Velmi známý trojůhelník

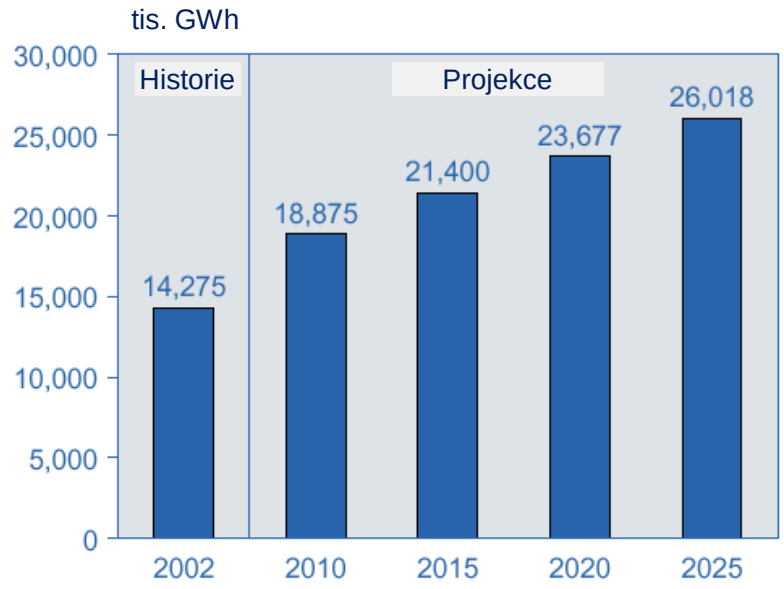
Německé „vysvětlení“: Činný výkon = cos φ = P [kW] / S [kVA]



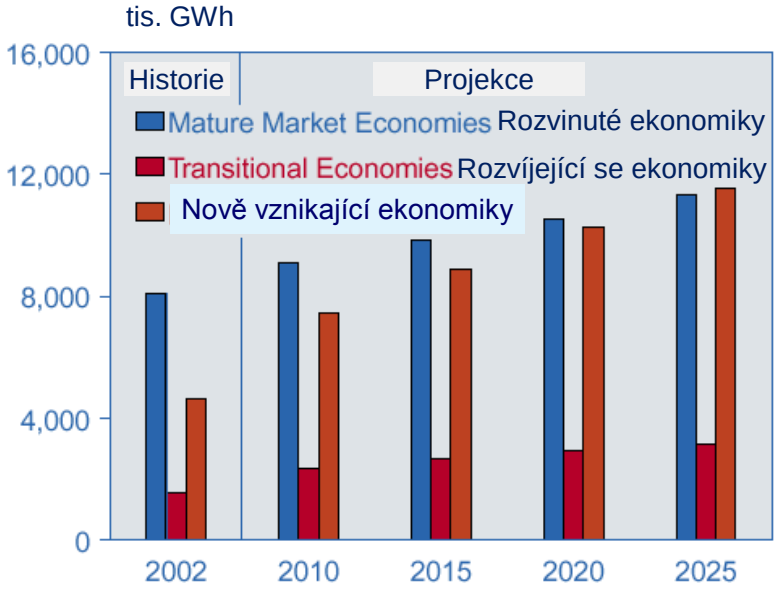
© EPCOS AG 2009

Růst spotřeby energie

Celosvětová spotřeba 2005-2025



Celosvětová spotřeba 2005-2025 dle regionů



Data: 2002 Administrace informací pro energii (EIA)

"Referenční studie *Mezinárodní výhled energie (IEO2005) předpokládá, že se během následujících dvou dekád spořeba el. energie zdvojnásobí*

Více než polovina z předpokládaného nárůstu bude ve vznikajících ekonomikách"

Zdroj : EIA – Výhled energie 2005, datováno červen 2005

© EPCOS AG 2009

PFC redukuje ztráty vedení el. energie v Německu

Power factor correction reduces network losses in Germany

The effect of power factor correction on the magnitude of network losses is analysed by examining three scenarios:

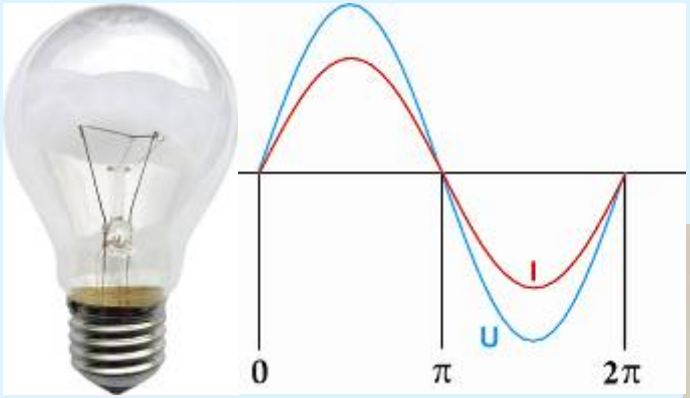
Scenario 1: No PF correction	Scenario 2: Partial PF correction	Scenario 3: Target PF correction
Network losses without existing power factor correction systems	Status quo with partial power factor correction to a cos φ of 0.90	Network losses with the maximum reasonable use of power factor correction (full compensation and target cos φ = 0.95)

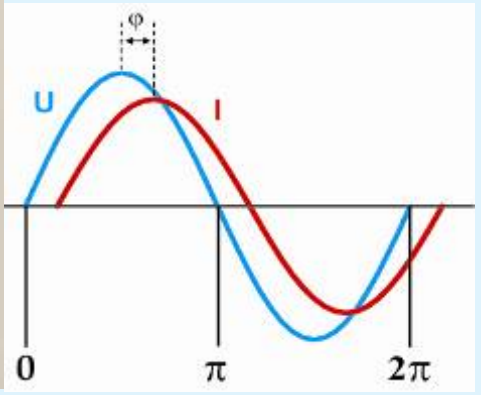
© EPCOS AG 2009

Proč je třeba nahradit PQS systémem PCS

Změna struktury zátěží

- hodně zátěží bylo v minulosti lineárních
  - Asynchronní motory, žárovky
  - Napětí je sledováno proudem – pouze malé problémy





© EPCOS AG 2009

Proč je třeba nahradit PQS systémem PCS

Dnes je většina zátěží nelineární

- Po připojení na sinusové napětí neodebírají sinusový proud

<u>Tři hlavní kategorie</u>:

1. Výkonová elektronika:
2. Ferromagnetické zátěže
3. Obloukové zátěže

© EPCOS AG 2009

PQS

2. Produktové portfolio
EPCOS PQS

EPCOS

Výrobní rozsah kondenzátorů

Plynem Impregnované

PhaseCap Premium

PhaseCap HD

PoleCap

Impregnace gelem

PhiCap

PhaseCap compact

Olejová impregnace

MKV

© EPCOS AG 2009

Klíčové komponenty PQS I

Spínání kondenzátorů

Capacitor Contactor

Tyristorový **spínač**

Měření / Ovládání

BR6000

BR604

MMI

Filtrace harmonických

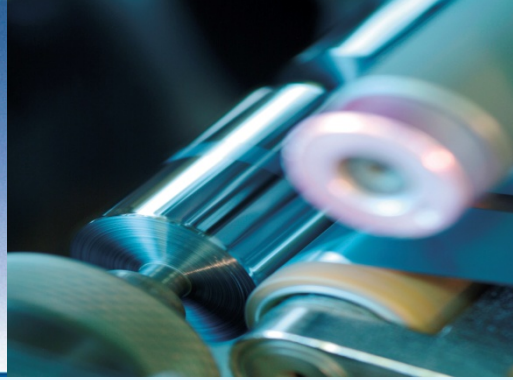
Reaktor – cívky

Aktivní filtr

© EPCOS AG 2009

Power Quality Solutions by EPCOS

PQS



Dokonalost v technologii kondenzátorů

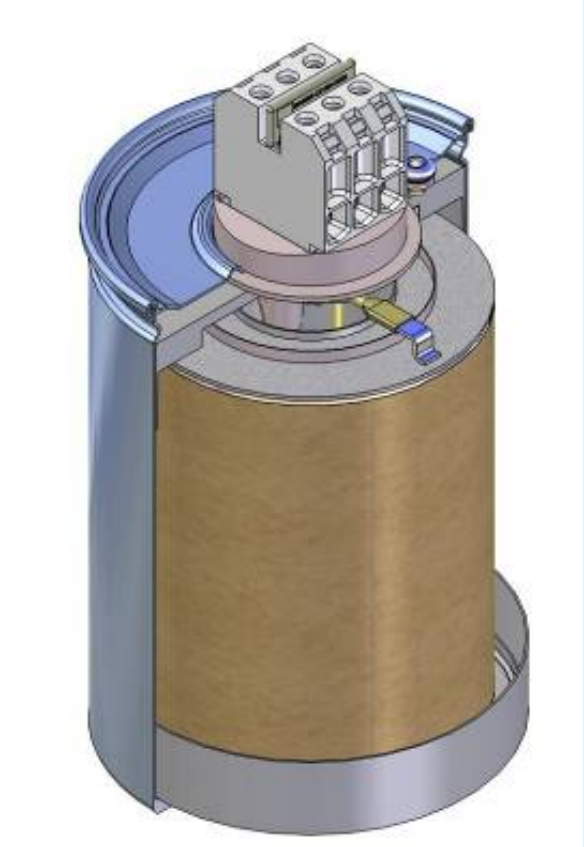
EPCOS

Porovnání technologií kondenzátorů

Vinutí PhiCap

MKP Stohované vinutí (Standard)

Vinutí PhaseCap

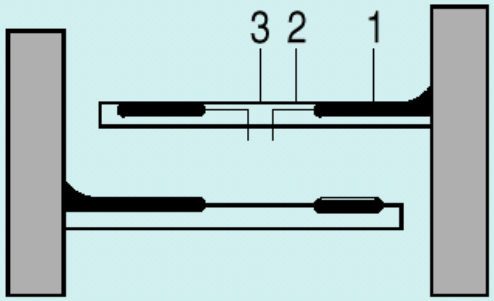


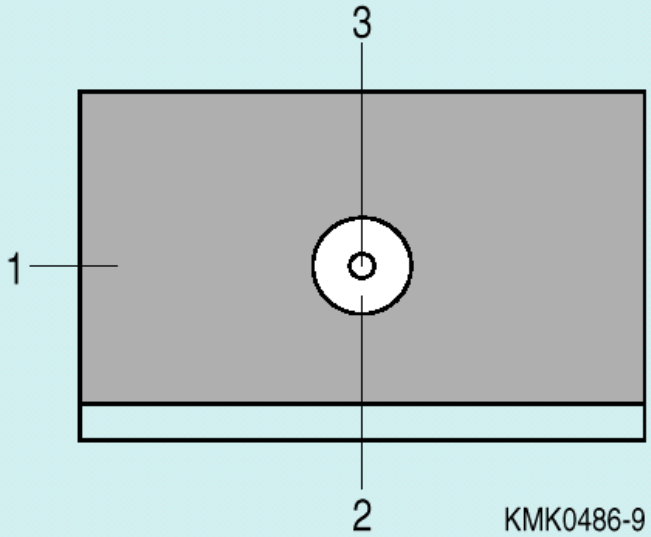
MKK Koncentrické vinutí **Premium** PhaseCap

Zapojení do trojúhelníku provedeno pokovenou fólií

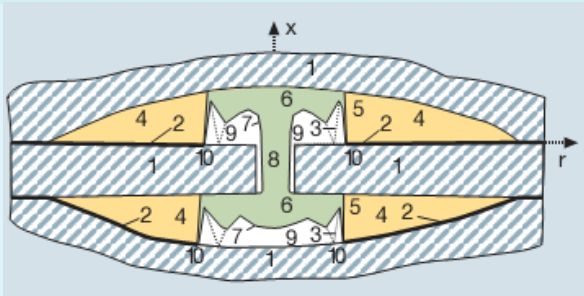
© EPCOS AG 2009

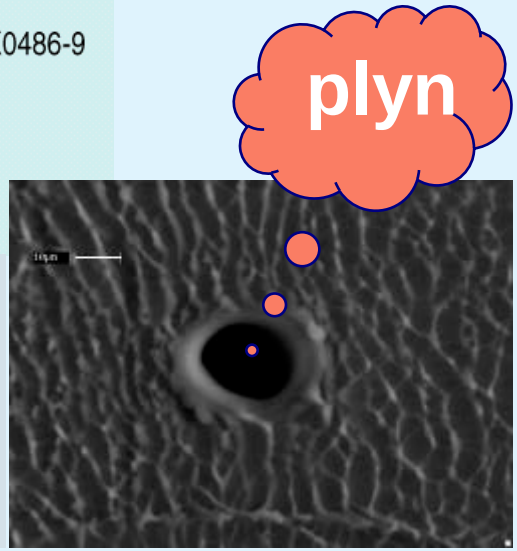
Bezpečnost díky samohojící technologii





1 Metalická vrstva 3 Oblast poruchy
2 Izolovaná část

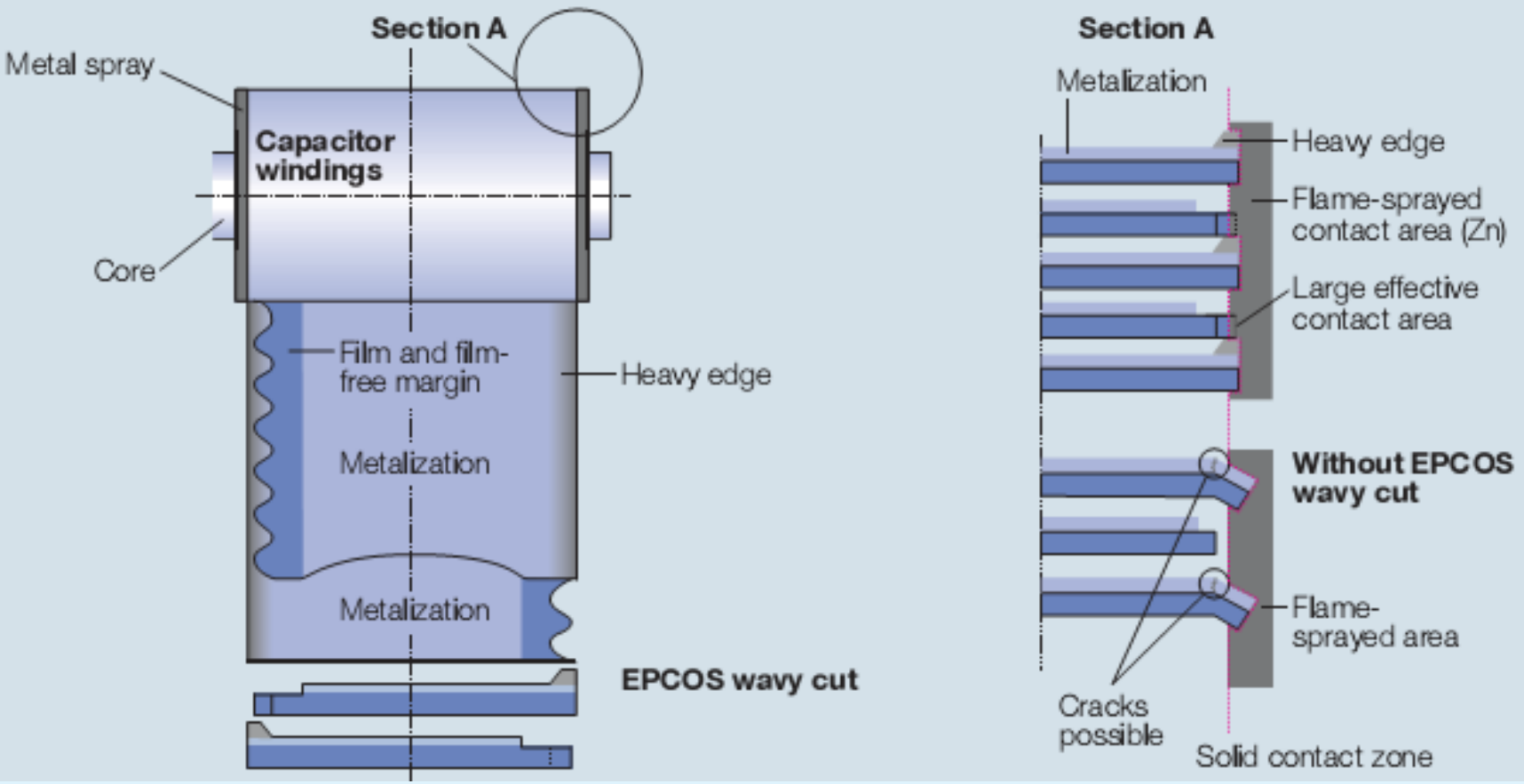




© EPCOS AG 2009

Speciální design

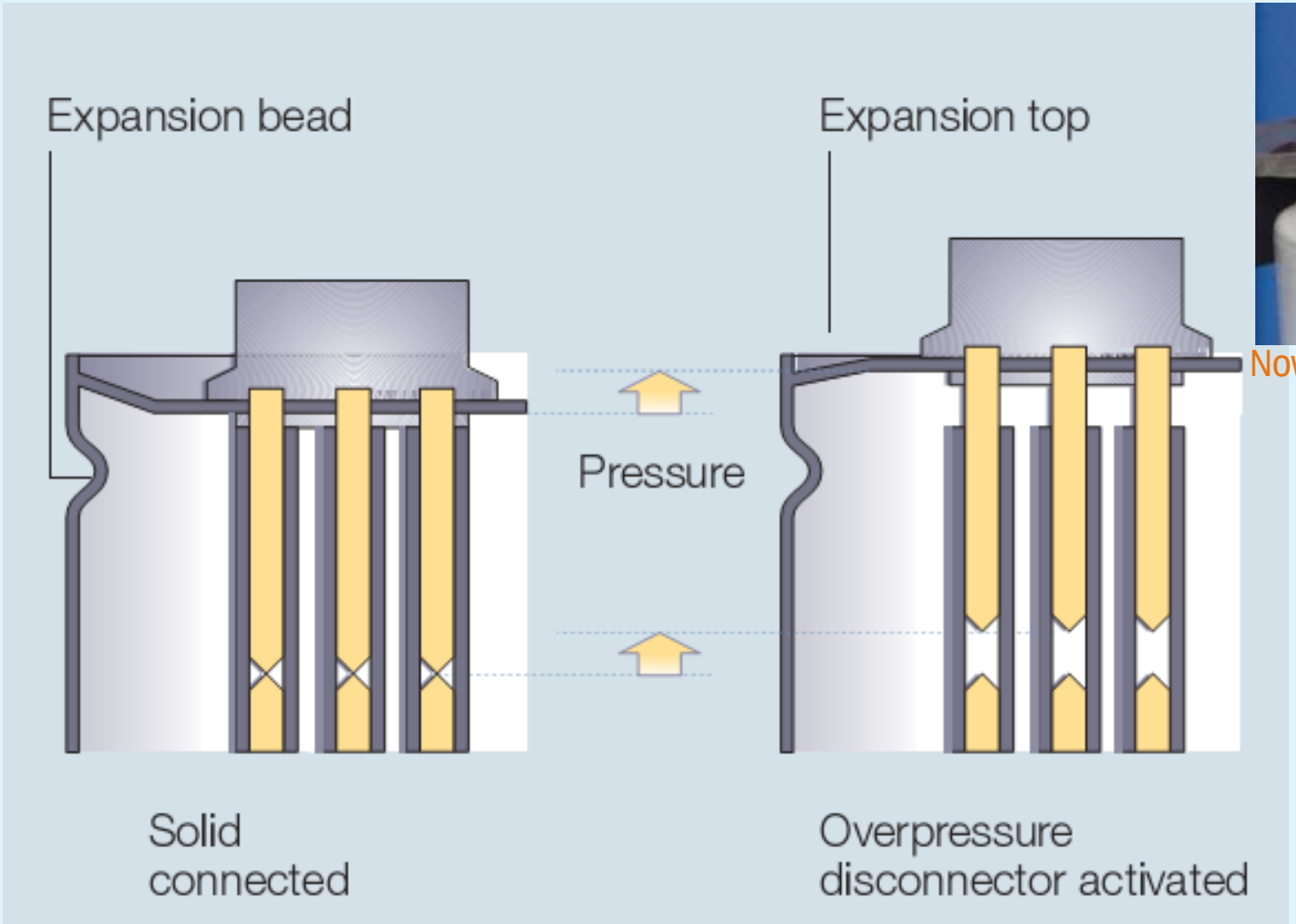
- **Vysoký krátkodobý nárazový proud: do 300 x In**



- **Metalizovaná fólie EPCOS**

© EPCOS AG 2009

Přetlakový vypínač – bezpečné vypnutí

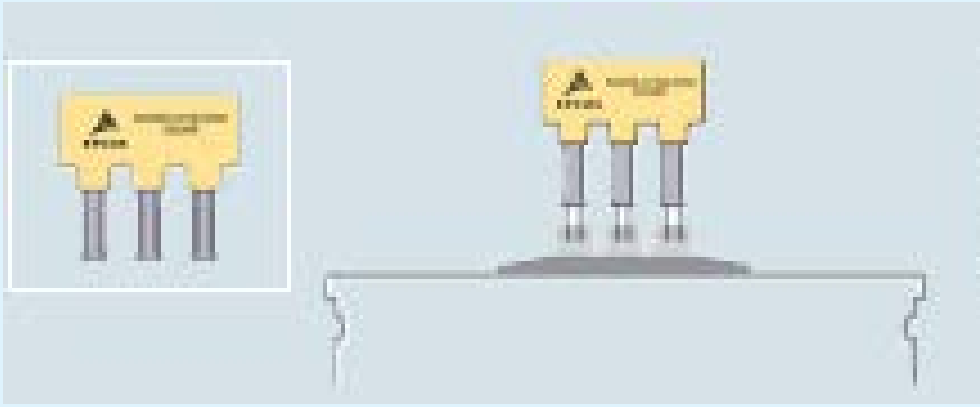


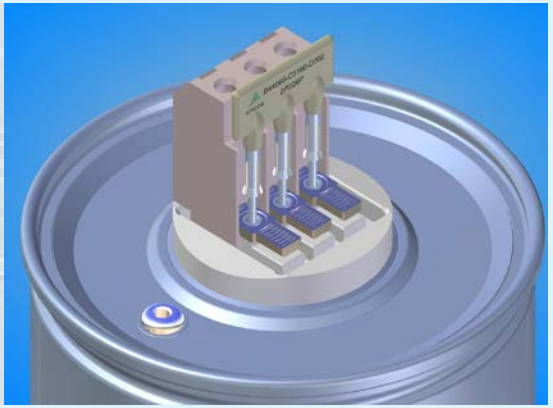
Now with 3 disconnectors!

© EPCOS AG 2009

Vybíjecí modul

- Vždy předmontován
- Hybridní keramická báze
- Bezpečné vybíjení





© EPCOS AG 2009

PhaseCap kondezátory detailně

- Rozsah: **5 – 60 kVAr; 230 – 800 V; 50/60 Hz**
- Životnost: minimálně **130 000 hodin**
- Schopnost krátkodobého přetížení: do **300*I_r**
- Teplotní třída: **–40°C do +55°C** max.
- Suchý typ – ochrana **plynovou impregnací** (I
- **Samohojící** technologie **MKK & wave cut**
- Spolehlivé a robustní připojovací svorky **SIGUT** s připojeným **vybíjecím resistorem**
- Může být **montován v jakékoli pozici** (vertikální nebo horizontální)

© EPCOS AG 2009

Kondezátory PhiCap detailně

- Rozsah hodnot: **0,5 – 30 kVAr; 230 – 525 V; 50/60 Hz**
- Životnost: min. **100 000 hours**
- Schopnost krátkodobého přetížení : do **200*I_r**
- Teplotní třída: od **–40°C do +55°C** max.
- Impregnované gelem
- Spolehlivé a robustní připojovací svorky **SIGUT** s připojeným **vybíjecím resistorem**
- Pouze vertikální montáž

© EPCOS AG 2009

Kondezátory PhaseCap compact detailně

- Rozsah hodnot: **5 – 33 kVAr; 230 – 525 V; 50/60 Hz**
- Životnost: min 130 000 h (tř.D) - **180 000 h (tř.C)**
- Schopnost krátkodobého přetížení : max **300*I_r**
- Teplotní třída: od **–40°C do +55°C** max
- Gelem impregnované
- **Samohojící** technologie **MKK & wave cut**
- Nové robustní připojovací svorky s připojeným **vybíjecím resistorem**
- Může být **montován v jakékoli pozici** (vertikální nebo horizontální)

© EPCOS AG 2009

PhaseCap compact – technická vylepšení

- Vysoká hustota energie
- **Snížené rozměry**
- Vylepšené svorky
  - **Možnost přenosu vyššího proudu**
  - **Vylepšené šrouby** (Phillips)
  - **Vylepšená připojitelnost** (průřez)
- Vyšší schopnost krátkodobého přetížení : max **300*I_r**(300 x In)
- Vylepšená a vyzkoušená technologie EPCOS MKK

Nový!

© EPCOS AG 2009

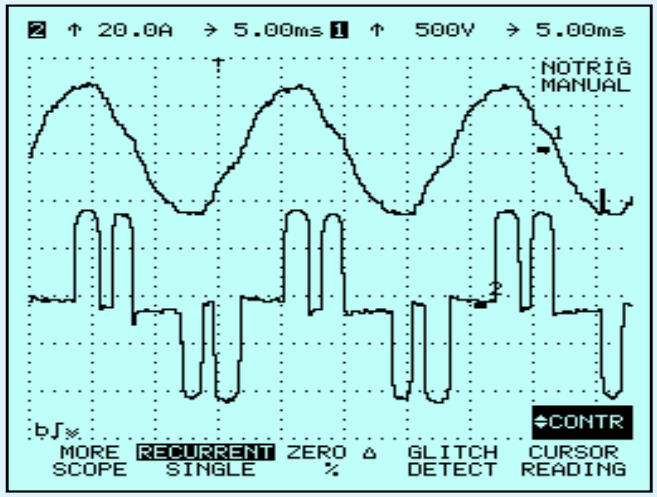
Rozměrové porovnání kondenzátorů

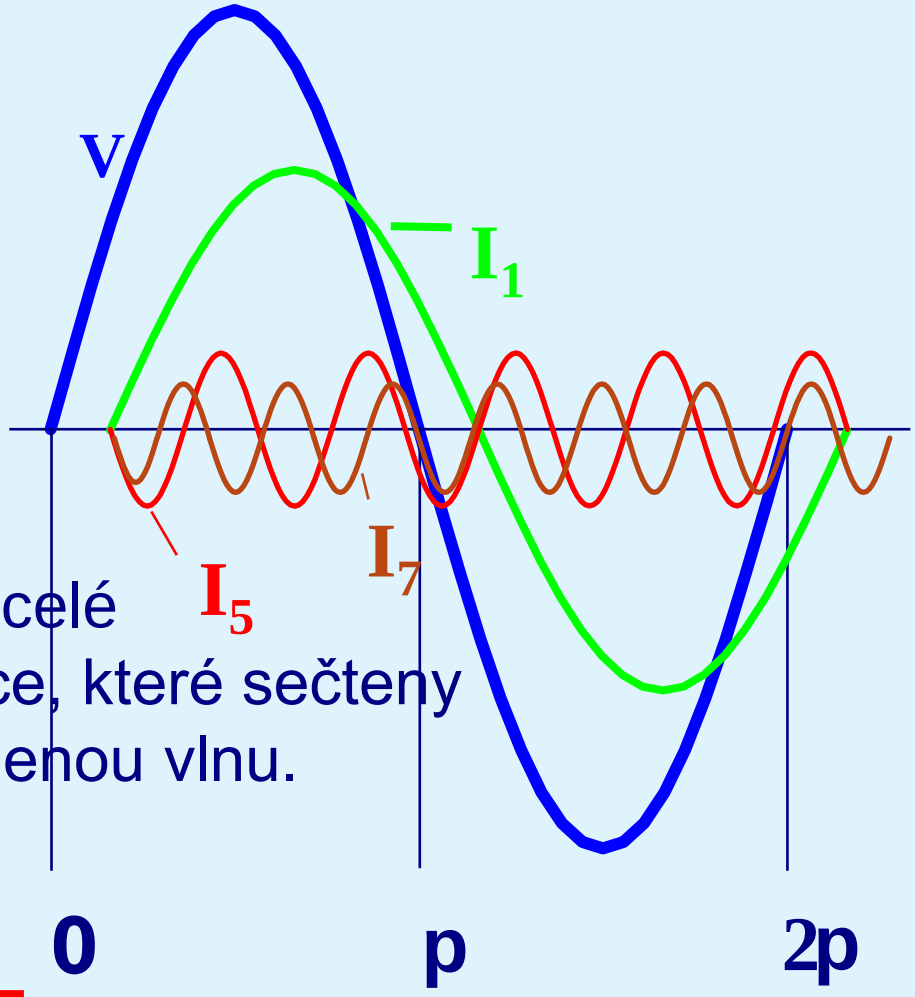
© EPCOS AG 2009

PQS

3a. Harmonické a dopad na kvalitu energie

Příklad reprezentace harmonických

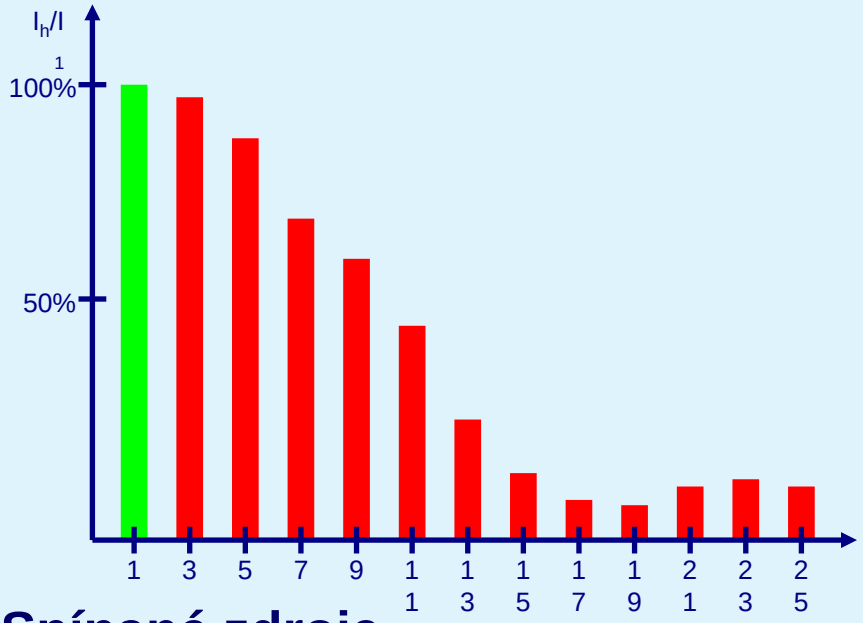


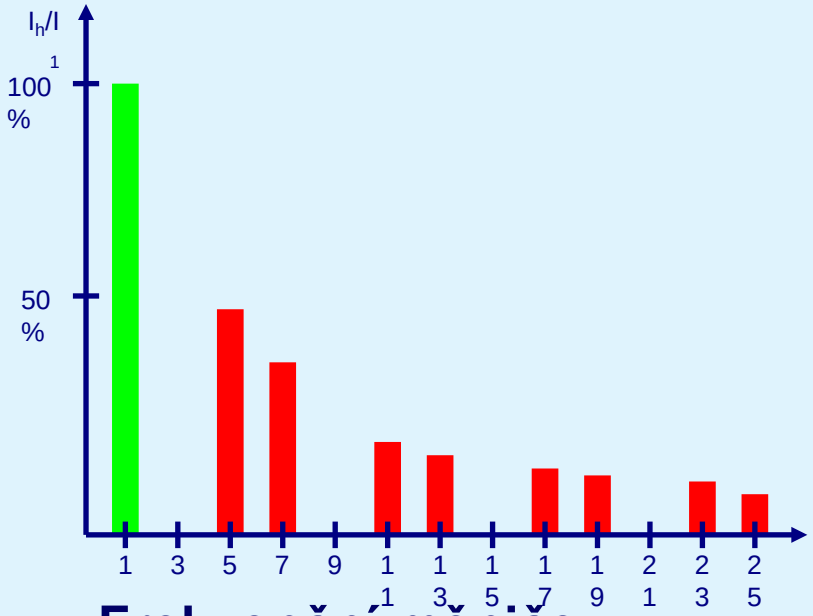


Definice: Harmonické jsou celé násobky základní frekvece, které sečteny dohromady vytvoří zkreslenou vlnu.

© EPCOS AG 2009

Příklady harmonických frekvencí





Spínané zdroje

Frekvenční měniče

© EPCOS AG 2009

Standardy definující limity harmonických

- IEEE 519
- G5/4
- EN50160 (ČSN EN 50160)

© EPCOS AG 2009

Doporučené limity - IEEE 519

Institut of Electrical and Electronics Engineers (IEEE)
doporučil limity proudu a napětí
Ve standardu IEEE 519-1992.

Limity napětí jsou definovány ve společném bodě připojení (PCC)

Třída aplikace	THD (napětí)
Speciální systémy	**3 %**
Celkové systémy	**5 %**
Jednoúčelové systémy	**10 %**

© EPCOS AG 2009

Doporučené limity - IEEE 519

MAXIMÁLNÍ HARMONICKÉ ZKRESLENÍ PROUDU V PROCENTECH I_L

	jednotlivé harmonické (sudé harmonické)				
I_{sc}/I_L	<11	11<h<17	17<h<23	23<h<35	TDD
<20	4.0	2.0	1.5	0.6	5.0
20-50	7.0	3.5	2.5	1.0	8.0
50-100	10.0	4.5	4.0	1.5	12.0
100-1000	12.0	5.5	5.0	2.0	15.0
>1000	15.0	7.0	6.0	2.5	20.0

I_{sc}: Maximální zkratový proudu v připojovacím bodě (PCC)
I_L: Maximální odběrový proud (základní) v připojovacím bodě.

© EPCOS AG 2009

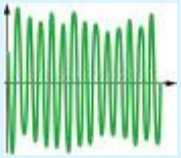
Doporučené limty G5/4 (pro systém 400V)

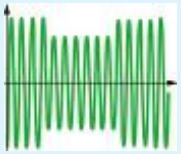
Liché harmonické (mimo násobky 3)		Liché harmonické (násobky 3)		Sudé harmonické	
Řád h'	Harmonické napětí [%]	Řád h'	Harmonické napětí [%]	Řád h'	Harmonické napětí [%]
5	4,0	3	4,0	2	1,6
7	4,0	9	1,2	4	1,0
11	3,0	15	0,3	6	0,5
13	2,5	21	0,2	8	0,4
17	1,6	>21	0,2	10	0,4
19	1,2			12	0,2
23	1,2			>12	0,2
25	0,7				
>25					

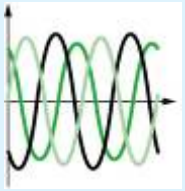
The total harmonic distortion level is %%

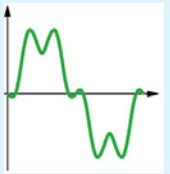
© EPCOS AG 2009

Kvalita energie dle EN50160







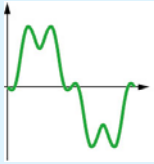


Druh poruchy napájecího napětí	Limity	Monitotovací období	Přijatelný výskyt
Pomalé změny napětí	+10% / -10% U_n	1 Týden	95%
Poklesy a přepětí (<1min)	10 až 1000 krát za rok (pod 85% jmenovité hodnoty)	1 Rok	100%
Změny frekvence	49,5 Hz až 50,5 Hz 47 Hz až 52 Hz	1 Týden	95% 100%
Krátká přerušení (<3min)	10 až 100 krát za rok (pod 1% of jmenovité hodnoty)	1 Rok	100%
Náhodná dlouhá přerušení (>3min)	10 až 50 krát za rok (pod 1% jmenovité hodnoty)	1 Rok	100%
Přechodná přepětí	< 6kV		100%
Napěťová nesymetrie	U_{neg}/U_{pos} < 2%	1 Týden	95%
Harmonická napětí	THD < 8% (Celkové harmonické zkreslení)	1 Týden	95%

© EPCOS AG 2009

Kvalita energie dle ČSN EN50160

Norma ČSN EN50160 předepisuje: "*Při normálních provozních podmínkách během každé periody jednoho týdne 95% 10ti minutových efektivních hodnot musí být nejvýše rovno dané hodnotě v tabulce 1. Hodnota zkreslení THD (včetně všech harmonických do řádu 40 musí být menší nebo rovna 8 %.*"



LICHÉ HARMONICKÉ				SUDÉ HARMONICKÉ	
Mimo násobky 3		Násobky 3			
Řád h	Relativní napětí	Řád h	Relativní napětí	Řád h	Relativní napětí
5.	6,0 %	3.	5,0 %	2.	2,0 %
7.	5,0 %	9.	1,5 %	4.	1,0 %
11.	3,5 %	15.	0,5 %	6.-24.	0,5 %
13.	3,0 %	21.	0,5 %		
17.	2,0 %				
19.	1,5 %				
23.	1,5 %				
25.	1,5 %				

© EPCOS AG 2009

Směr harmonických- rozdělení

Definice: **Směr harmonických** je směr točení dané harmonické **vzhledem ke směru točení základní harmonické**.

- **Kladné harmonické** (4., 7., 10. , …….) **mají souhlasnou fázovou rotaci** jako základní harmonická. Tyto harmonické kolují mezi fázemi.
- **Záporné harmonické** (2., 5., 8. ……) mají nesouhlasnou fázovou rotaci vzhledem k základní harmonické, tyto harmonické kolují mezi fázemi.
- **Stojaté harmonické** (3., 6., 9., …) nerotují mezi fázemi nebo zemí. Tyto harmonické třetího řádu nemají kladnou nebo záporné točení. Neuzavírají se v třífázové soustavě, ale zatěžují střední vodič.

© EPCOS AG 2009

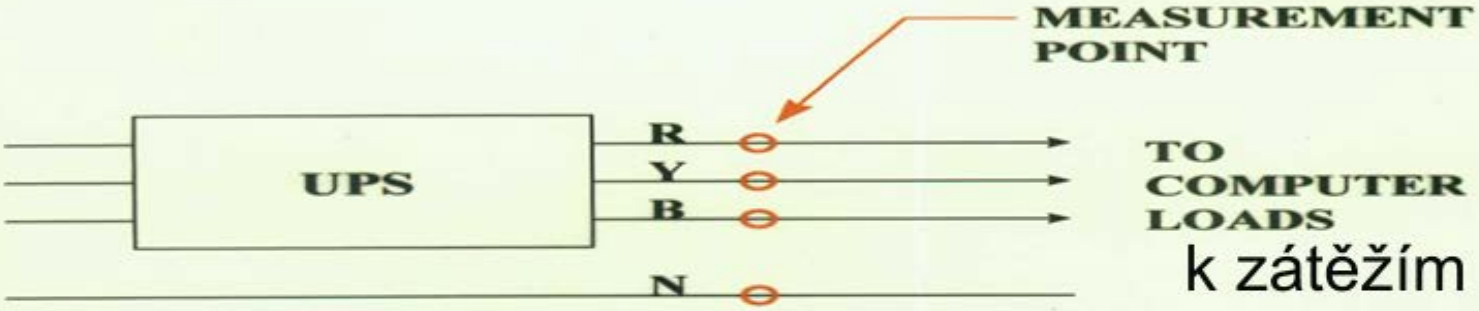
3. Harmonická ve středním N vodiči

Případová studie

MEASURED CASE

v bance

IN A COMMERCIAL BANK (KL)



fáze Proud 50Hz Proud 3. harmonické

PHASE	50HZ CURRENT	3RD HARMONIC CURRENT
R	68A	42A
Y	66A	40A
B	67A	40A
N	2A	121A

RMS CURENT AT NEUTRAL = $\sqrt{2^2 + 121^2}$

Ef. proud středního vodiče = 121.02A

© EPCOS AG 2009

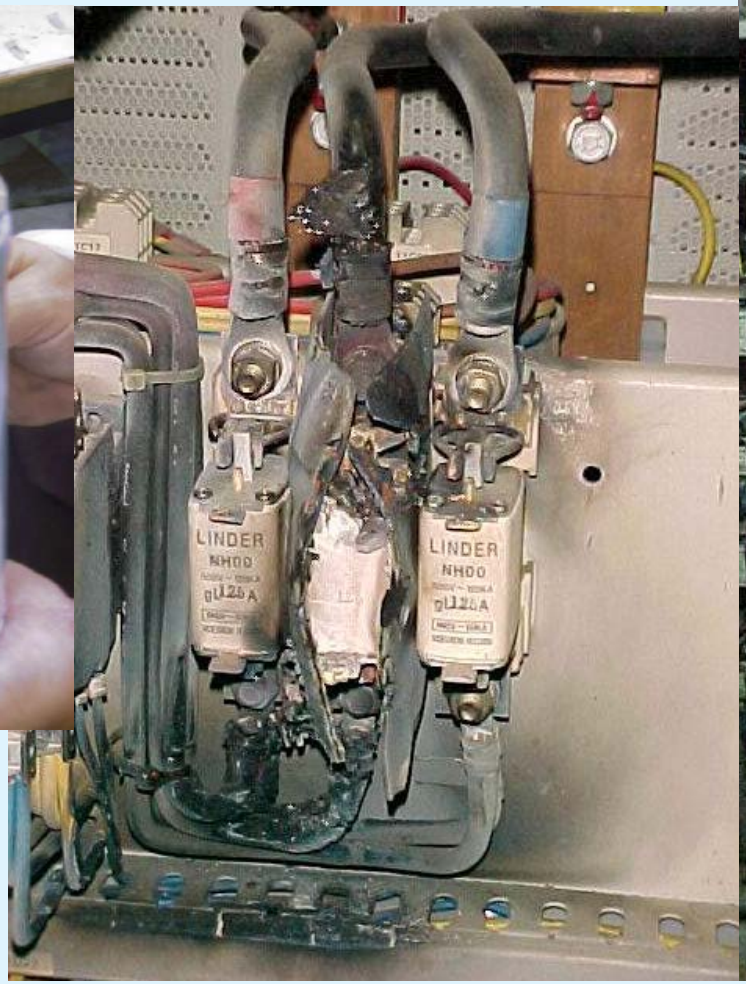
Problémy způsobené harmonickými.

- Přehřívání transformátorů (K-faktor) a točivých strojů
- Přetížení středního vodiče / nepřijatelné napětí střední vodič-zem
- Přehřívání kondenzátorů
- Selhání kondenzátorů
- Vypínání vypínačů a pojistek
- Nespolehlivý provoz elektronických zařízení
- Plýtvání energií / vyšší ceny za odebranou energii
- Přetěžování sítě – neefektivní funkce distribuce el. proudu

© EPCOS AG 2009

Problémy způsobené harmonickými.

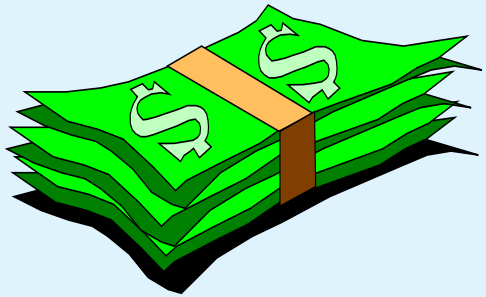
- Příklady z praxe



© EPCOS AG 2009

Náklady způsobené harmonickými.

- Dodatečné investice způsobené rychlejším snížením výkonu
- Vyšší spotřeba energie
- Častější a delší opravy strojů
- Vyšší cena za opravy strojů a přístrojů
- Snížená kvalita produkce
- Snížená produktivita



© EPCOS AG 2009

Řešení pro snížení problémů s harmonickými

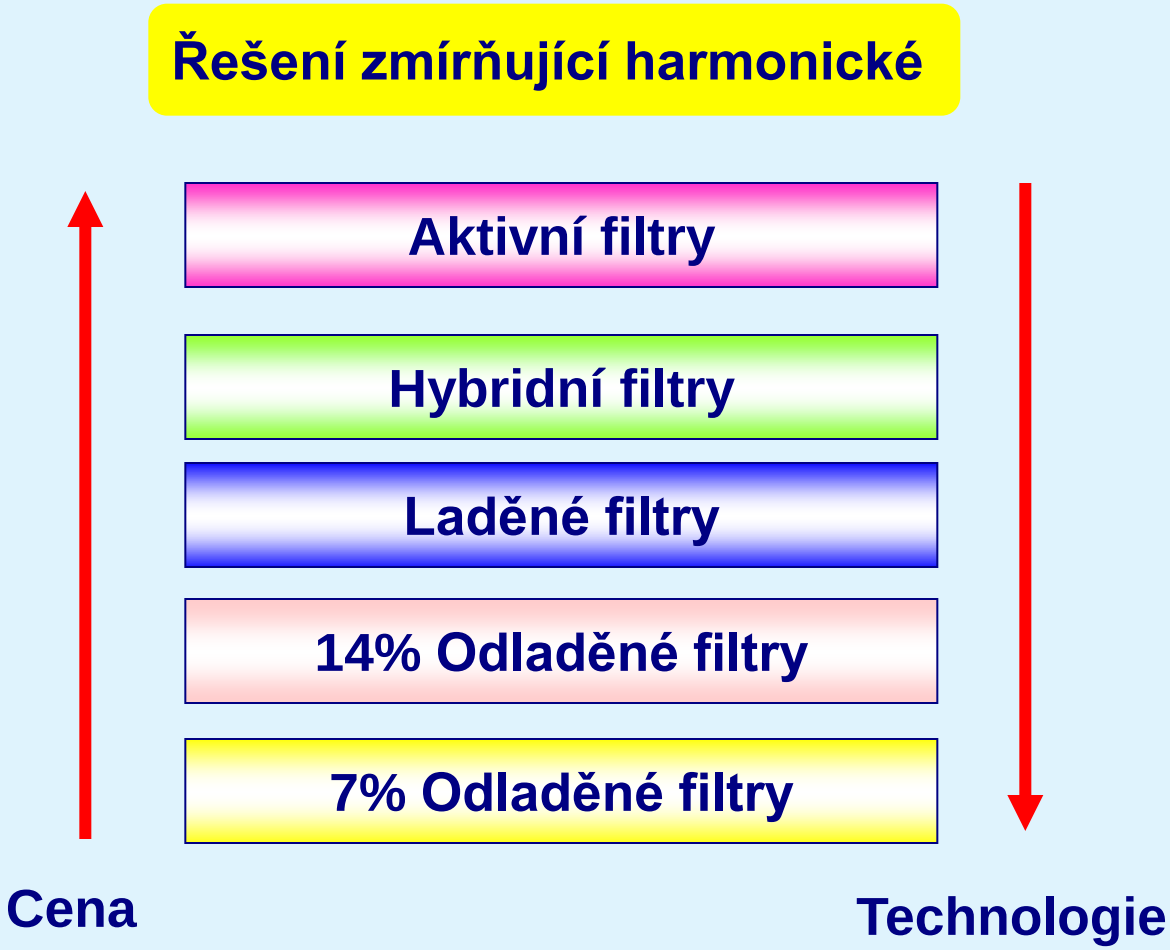
- Snížení poruchového stavu (redukce podélných impedancí)
- Snížení celkového výkonu / současně pracujících zdrojů harmonických
- Vyvážené připojení 1-fázových zátěží ke 3 fázím
- Použití vybavení - usměrňovačů s vyšším počtem pulzů a/nebo řízeným usměrňovačem
- **Použití kompenzačních metod**
  - **Širokopásmové kompenzační filtry**
  - **Laděné kompenzační filtry**
  - **Aktivní kompenzační filtry**

© EPCOS AG 2009

PQS

3b. Filtrační metody

Obvody harmonických filtrů



© EPCOS AG 2009

Jak vybrat správný filtr (zásady EPCOS)

1. **Jsou harmonické THD-I_{woc} >10% nebo THD-V_{woc} > 3% ?**
   - ❒ **ano: Harmonické filtry**
   - ❒ **ne: Standardní kompenzační kondenzátor bez reaktorů**

2. **Je přítomna 3rd harmonická, THD-I_3 > 0.2 THD-I_5 ?**
   - ❒ **ano: použijte tlumivku s činitelem tlumeni p=14%**
   - ❒ **ne: použijte tlumivku s činitelem tlumeni p= 7% nebo 5.67%**

3. **Je THD-I_{woc} < 20% ?**
   - ❒ **ano: použijte tlumivku s činitelem tlumeni p= 7%**
   - ❒ **ne: použijte tlumivku s činitelem tlumeni p= 5.67%**

© EPCOS AG 2009

Kdy vybrat aktivní filtr

- Pokud je **nekompenzovaný cosφ blízký 1** a je třeba zmenšit velké harmonické zkreslení THD.

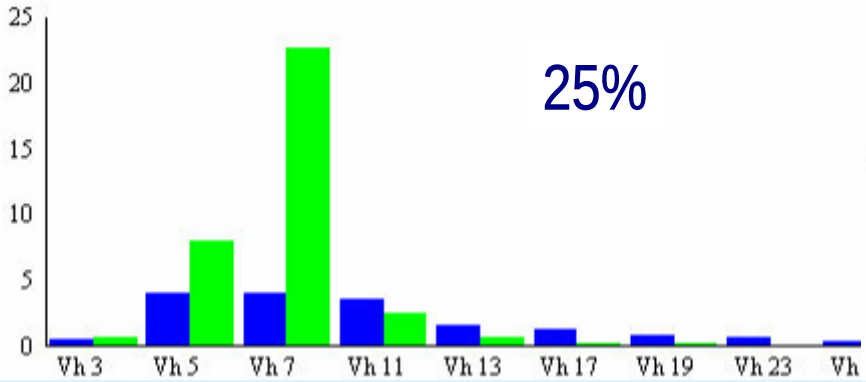
- Nadměrné množství nelineárních zátěží a velmi tvrdé požadavky na kvalitu energie, např. THD-V <3%

- **Rychlé změny harmonického zkreslení**

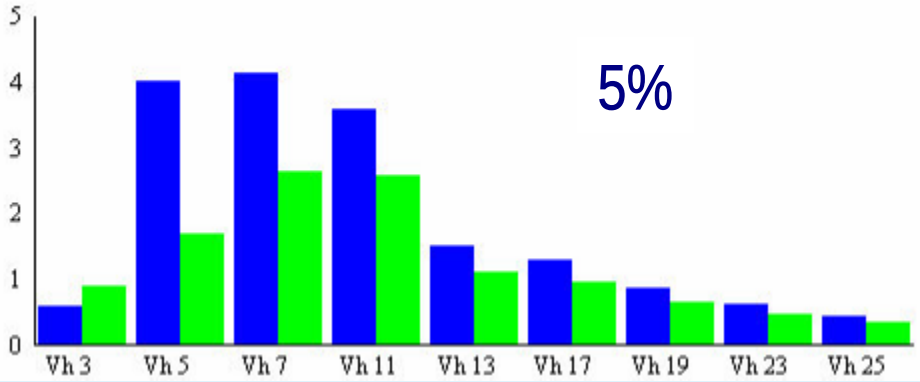
- V případě citlivých přístrojů
  (např. výroba polovodičů, nemocnice …)

© EPCOS AG 2009

PFC Filtr – Standardní nebo odladěný?

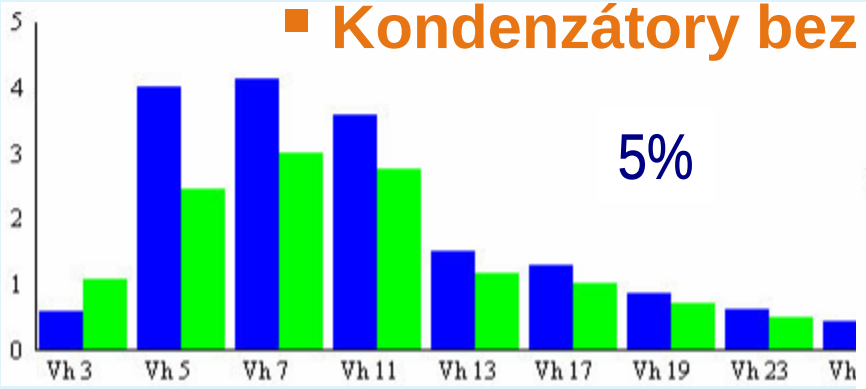


PFC **bez odladění**

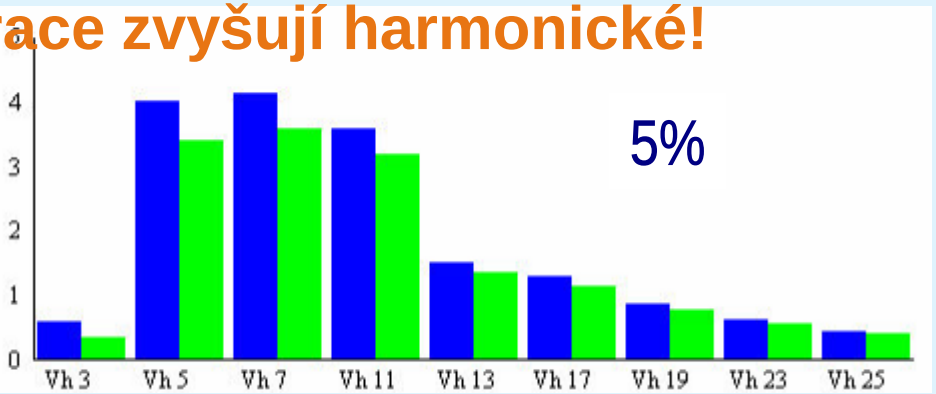


PFC **s odladěným filterm** 5,67%

- **Kondenzátory bez filtrace zvyšují harmonické!**



PFC se 7% **odladěným filtrem**



PFC se 14% **odladěným filtrem**

Modrá=Systém bez kompenzace

Zelená=Systém s kompenzací

© EPCOS AG 2009

PQS

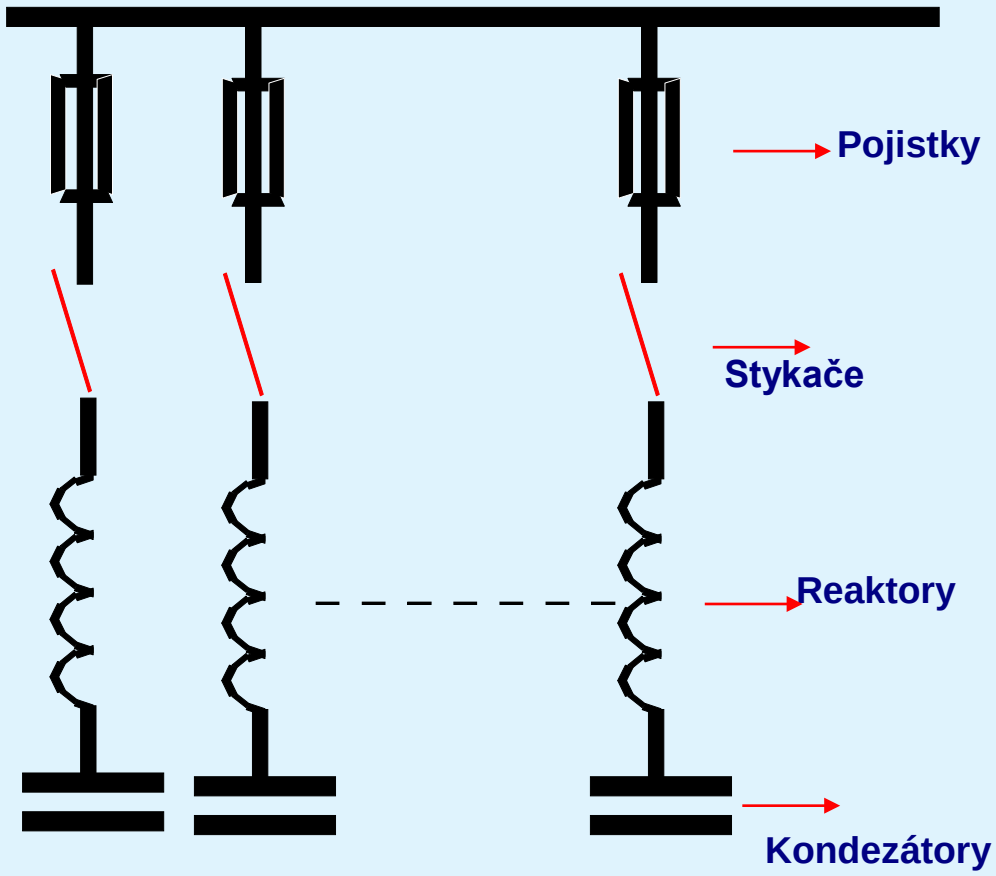
Filtrační techniky

Odladěné harmonické filtry

EPCOS

Odladěné filtry

Princip:



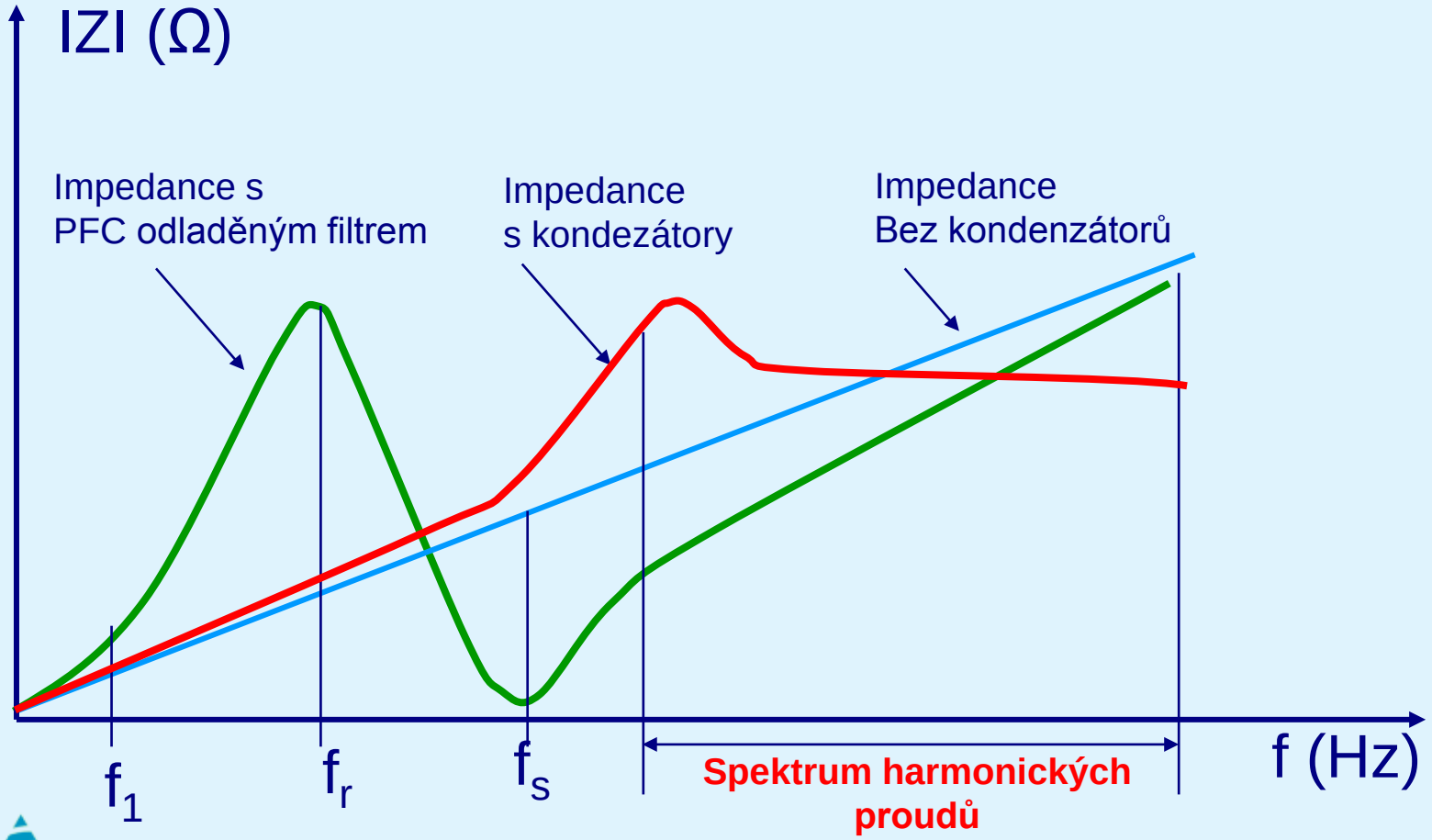
© EPCOS AG 2009

Cíl pro odladěné filtry

- Úprava účiníku
- Vylepšení kvality energie a zvýšení
- Ochrana kondenzátorů, rozvodů el. energie a zátěží obecně
- Filtrování harmonických
- Potlačení nebezpečí rezonance

© EPCOS AG 2009

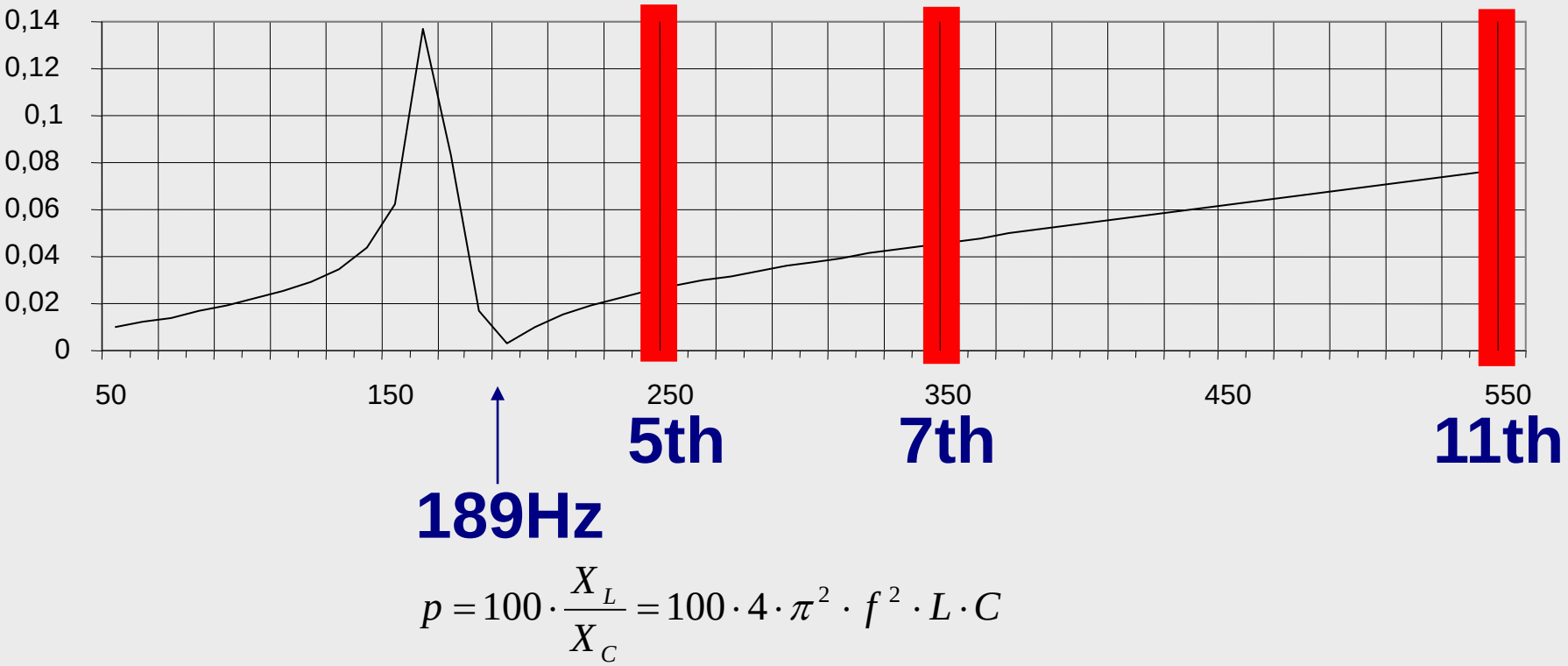
Filtrování harmonických < Nižší harmonické



© EPCOS AG 2009

Odladěný harmonický filtr

Impedance



$$p = 100 \cdot \frac{X_L}{X_C} = 100 \cdot 4 \cdot \pi^2 \cdot f^2 \cdot L \cdot C$$

© EPCOS AG 2009

Typické frekvence pro 50Hz síť

$$p = 100 \cdot \frac{X_L}{X_C} = 100 \cdot 4 \cdot \pi^2 \cdot f^2 \cdot L \cdot C$$

$$p = \left(\frac{f_n}{f_{res}} \right)^2 \cdot 100$$

5%	224 Hz
5.5%	213 Hz
5.67%	210 Hz
6%	204 Hz
7%	189 Hz
8%	177 Hz
12.5%	141Hz
14%	134 Hz

© EPCOS AG 2009

Vzorce pro výpočet odladěných filtrů

$$U_C = U_N \cdot \frac{100}{100 - p}$$

$$Q_C = \left(1 - \frac{p}{100}\right) \cdot \frac{U_C^2}{U_N^2} \cdot N_C$$

$$C = N_C \cdot \frac{\left(1 - \frac{p}{100}\right)}{U_N^2 \cdot 2 \cdot \pi \cdot f}$$

$$L = \frac{p}{100 \cdot 4 \cdot \pi^2 \cdot f^2 \cdot C}$$

$$p = \left(\frac{f}{f_{Res}}\right)^2 \cdot 100$$

$$p = 100 \cdot \frac{X_L}{X_C} = 100 \cdot 4 \cdot \pi^2 \cdot f^2 \cdot L \cdot C$$

např. U_N = 400V, P=7%, počítáme U_C = 430V
Je třeba použít kondenzátor o jmenovitém napětí 440V

Reaktory spojené sériově s kondenzátory způsobují zvýšené napětí na kondenzátorech. Kondenzátory použité pro odladěné filtry musí mít vyšší jmenovité napětí.

© EPCOS AG 2009

Jednoduchý návrh filtru pomocí tabulky

Detuning factor	Effective filter output	Voltage increase on capacitor	Recommended min. capacitor voltage	Capacitor output	Calculated capacitance		Reactor inductivity	Capacitor ordering code	Reactor ordering code	Contactor ordering code	Cable* cross-section	Fuse rating
%	kvar	V	V	kvar	3·µF		mH				mm²	A
Grid voltage: 400 V – 50 Hz detuned filters components selection table												
5.67	10.0	424	440	11	62		3.063	1 x B25667B5197A375	B44066D5010S400	B44066S1810J230	6	25
5.67	12.5	424	440	14	78		2.450	1 x B25667B4237A375	B44066D5012S400	B44066S1810J230	6	35
5.67	20.0	424	440	23	125		1.531	1 x B25667B4417A375	B44066D5020S400	B44066S2410J230	10	50
5.67	25.0	424	440	28	156		1.225	1 x B25667B4467A375	B44066D5025S400	B44066S3210J230	16	63
5.67	40.0	424	440	45	250		0.766	1 x B25667B4337A375 1 x B25667B4417A375	B44066D5040S400	B44066S6210J230	25	100
5.67	50.0	424	440	57	312		0.613	2 x B25667B4467A375	B44066D5		35	125
5.67	75.0	424	440	85	469		0.408	3 x B25667B4467A375	B44066D5		50	200
5.67	100.0	424	440	114	625		0.306	4 x B25667B4467A375	B44066D5100S400	-	70	250
7	10.0	430	440	11	61		3.835	1 x B25667B5197A375	B44066D7010S400	B44066S1810J230	6	25
7	12.5	430	440	14	77		3.068	1 x B25667B4237A375	B44066D7012S400	B44066S1810J230	6	35
7	20.0	430	440	22	123		1.918	1 x B25667B4417A375	B44066D7020S400	B44066S2410J230	10	50
7	25.0	430	440	28	154		1.534	1 x B25667B4467A375	B44066D7025S400	B44066S3210J230	16	63
7	40.0	430	440	45	246		0.959	1 x B25667B4337A375 1 x B25667B4417A375	B44066D7040S400	B44066S6210J230	25	100
7	50.0	430	440	56	308		0.767	2 x B25667B4467A375	B44066D7050S400	B44066S6210J230	35	125
7	75.0	430	440	84	462		0.511	3 x B25667B4467A375	B44066D7075S400	B44066S7410J230	50	200
7	100.0	430	440	112	617		0.384	4 x B25667B4467A375	B44066D7100S400	-	70	250
14	10.0	465	480	12	57		8.295	1 x B25667B5177A375	B44066D1410S400	B44066S1810J230	6	25
14	12.5	465	480	15	71		6.636	1 x B25667B4207A375	B44066D1412S400	B44066S1810J230	6	35
14	20.0	465	480	24	114		4.148	1 x B25667B4347A375	B44066D1420S400	B44066S2410J230	10	50
14	25.0	465	480	30	142		3.318	1 x B25667B4417A365	B44066D1425S400	B44066S3210J230	16	63
14	40.0	465	480	49	228		2.074	2 x B25667B4347A375	B44066D1440S400	B44066S6210J230	25	100
14	50.0	465	480	61	285		1.659	2 x B25667B4417A365	B44066D1450S400	B44066S6210J230	35	125
14	75.0	465	480	92	427		1.106	3 x B25667B4417A365	B44066D1475S400	B44066S7410J230	50	200
14	100.0	465	480	123	570		0.830	4 x B25667B4417A365	B44066D1499S400	-	70	250

7%

50kVAr

Reaktor

Kondenzátor

Stykač

© EPCOS AG 2009

Vyhodnocení rizika rezonance

Rezonační obvod je charakterizován Rezonanční frekvencí

$$\omega_R = \frac{1}{\sqrt{L_N \cdot C}}$$

Přitom je těžké vypočítat hodnotu L_N, protože je závislá na velikosti zátěže připojené do obvodu. Rezonanční frekvenci zle přibližně určit pomocí vzorce:

$$f_R = 50 \cdot \sqrt{\frac{S_T \cdot 100}{Q_C \cdot u_K}}$$

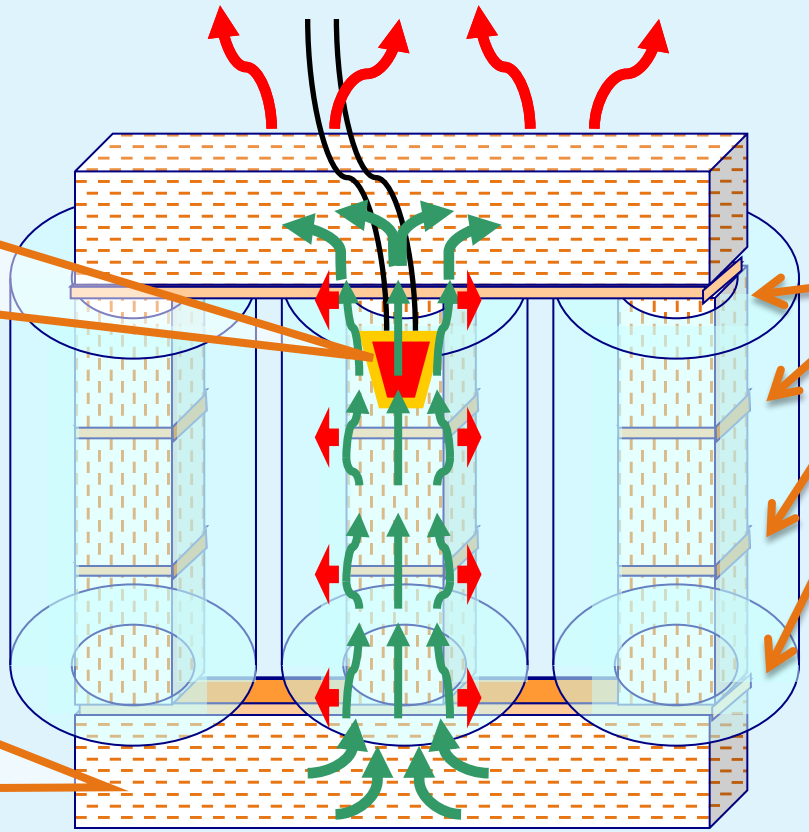
Pro předcházení podmínek rezonance musí být výkon kondenzátorů nižší, než je kritická hodnota určená pomocí vzorce:

$$Q_C < \frac{S_T \cdot 100}{v_R^2 \cdot u_K}$$

© EPCOS AG 2009

Dbejte na kvalitu reaktoru!

Termostat zabrání přehřáti reaktoru



Vzduchové mezery

Vyšší počet menších mezer sníží ztráty a ohřívání ve vinutí
- vyšší přetěžování!
- Nižší cena el. energie!

Nižší ztráty použitím orientovaných plechů

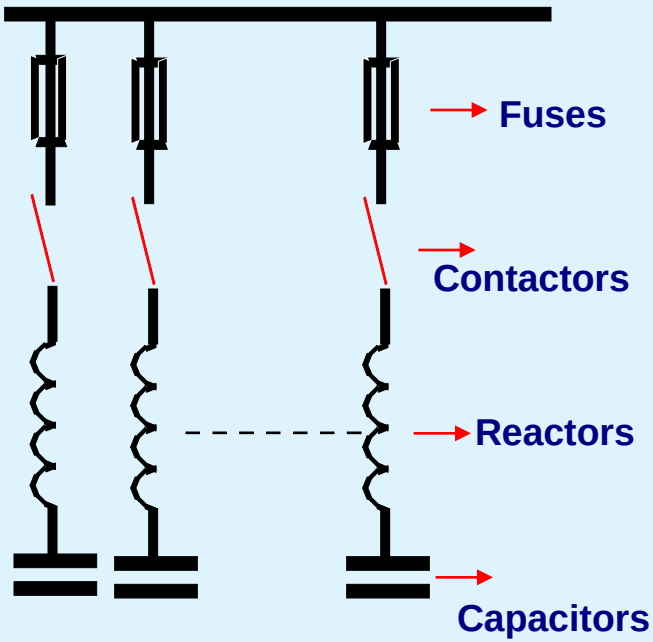
Ztráty / Teplo

Magnetické pole

Vysoká linearita a nízké ztráty jsou třeba pro spolehlivé řešení!

© EPCOS AG 2009

Odladěné filtry



Výhody:

- Nízká cena, jednoduchý design
- Jednoduché ovládání pro kompenzaci požadovaného jmenovitého výkonu
- Velmi nízký risk

Nevýhody:

- Nefiltrují harmonický proud efektivně (max. 50%)

© EPCOS AG 2009

Shrnutí odladěných filtrů

- Rezonanční frekvence není blízko k žádné z harmonických
- Frekvence filtru $f_{filter} < f_{harmonic}$
- Zajištěné snížení harmonických proudů
- Kondenzátory jsou blokovány proti rezonancím, proto jsou „odladěné“
- filtry jsou známé také jako antirezonanční filtry
- Spolehlivější, než standardní kompenzace

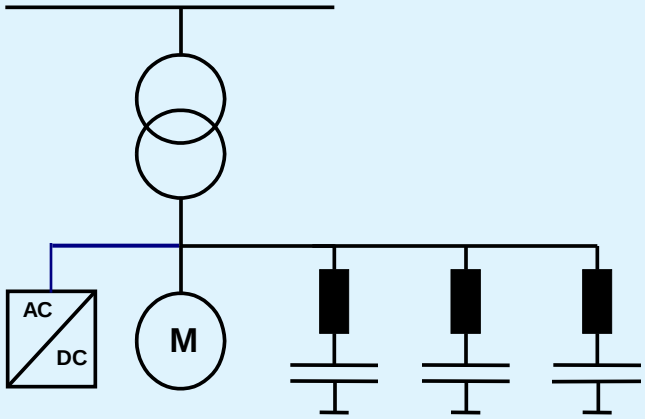
© EPCOS AG 2009

PQS

Filtrovací techniky

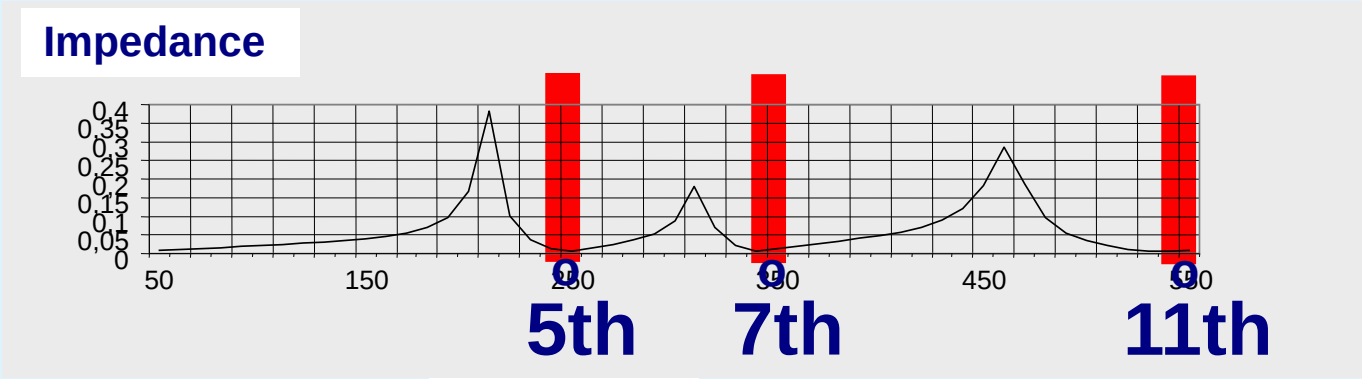
Laděné filtry

Tuned harmonic filter



	5 th	7 th	11 th
kVAr:	200	400	100

Systémová sběrnice: Impedance vs. frekvence

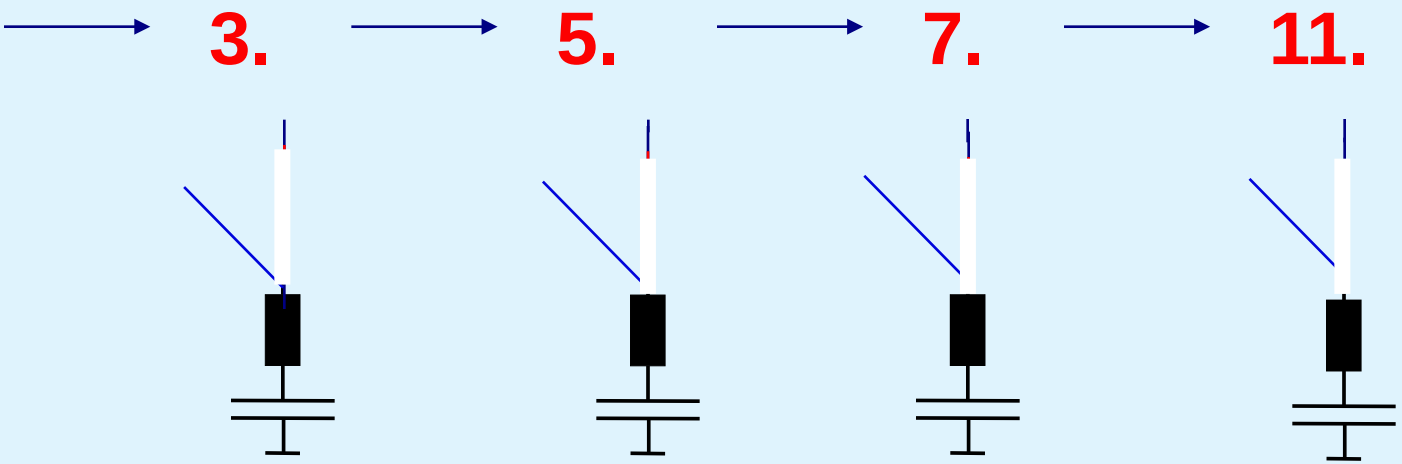


© EPCOS AG 2009

Tuned harmonic filter

Spínací sekvence laděných filtrů:

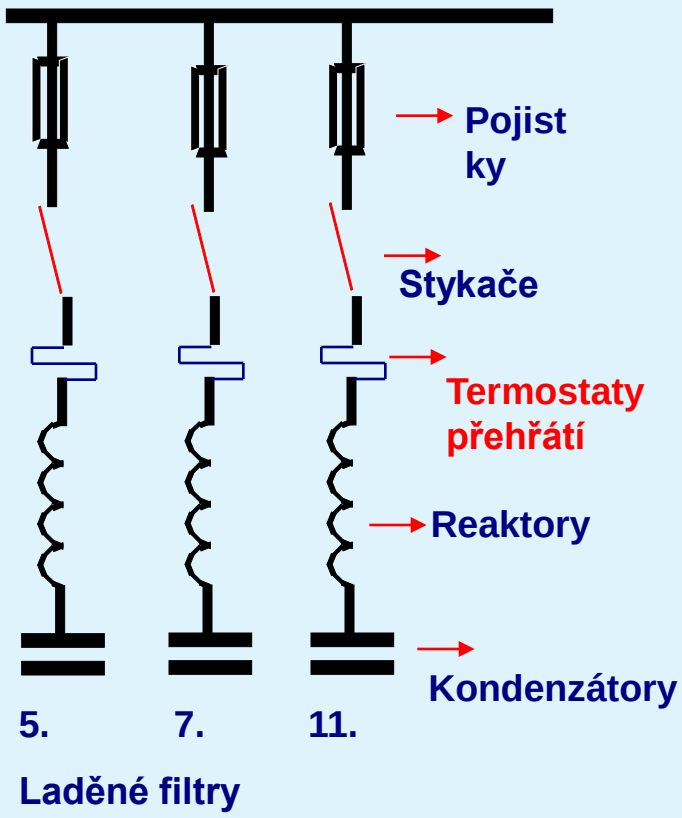
Zapínání:



Vypínání:

© EPCOS AG 2009

Laděné filtry



Laděné filtry

Výhody:

- Dokáží filtrovat harmonický proud (5., 7., 11. …) efektivněji
- Harmonická filtrace s kompenzací jalového proudu

Nevýhody:

- Není jednoduché kompenzovat vybraný jalový výkon v dynamické zátěži
- Vyšší harmonické frekvence (17., 19., 23.,25., 29., ..,) nelze efektivně filtrovat
- Riziko přetížení díky větší harmonické zátěži nebo znečištění sítě
- Snadněji selže bez znalosti poměrů harmonických v síti a zkušenému návrhu

© EPCOS AG 2009

Shrnutí laděných filtrů

- **Rezonanční frekvence** jednotlivých stupňů je velmi **blízko dané harmonické**
- **Excelentní redukce harmonických** v rozvodu
- Kondenzátory jsou nabíjeny vysokou frekvencí
  ➔ „čištění“ sítě
- **„Mučení“ kondenzátorů,** pokud nejsou navrženy na daný efektivní proud
- **Nebezpečí „vysávání“ harmonických ze strany sítě VN!!**

© EPCOS AG 2009

Power Quality Solutions by EPCOS

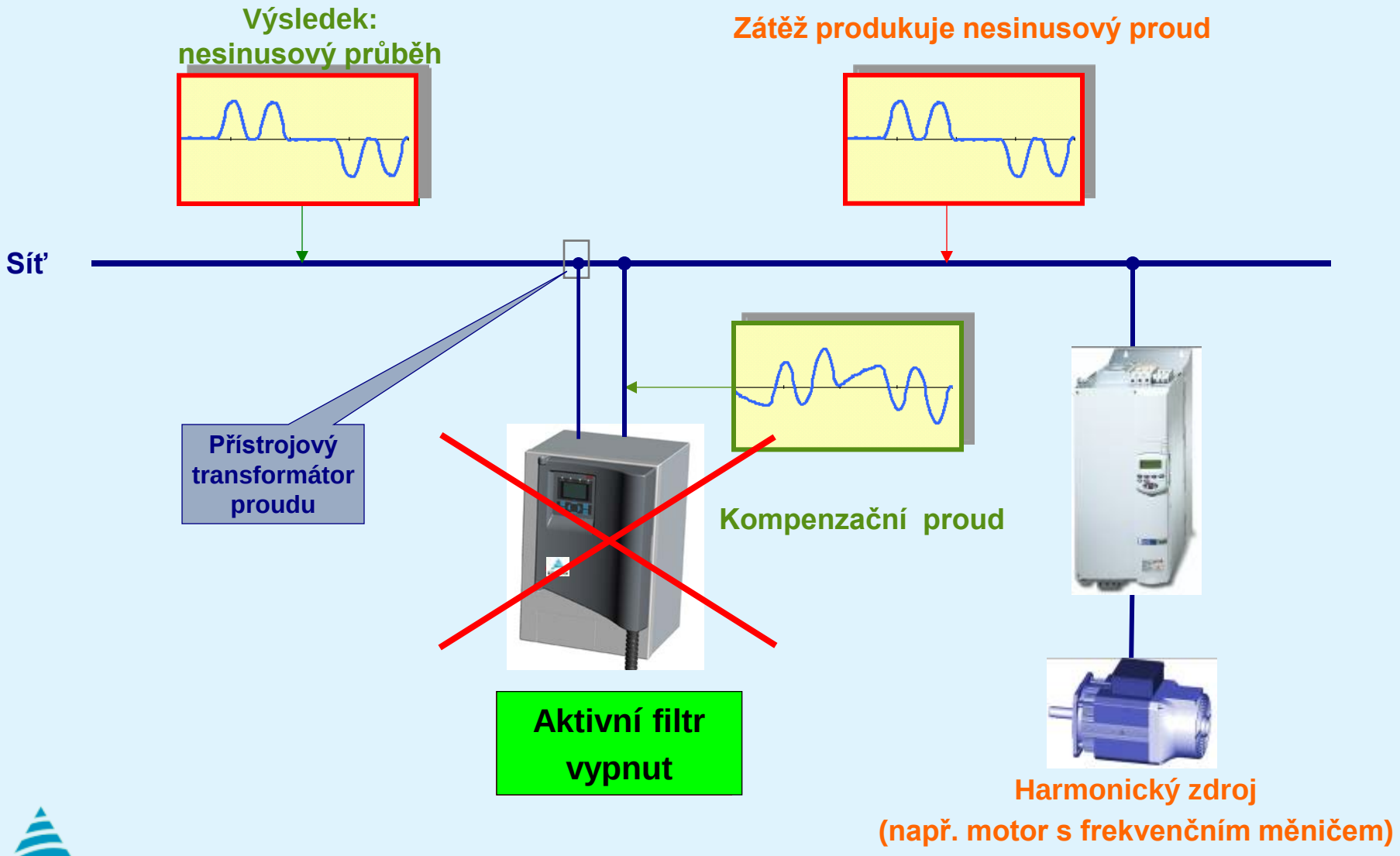
PQS

Filtrovací techniky

Aktivní harmonické filtry (AHF)

EPCOS

Princip aktivního filtru



© EPCOS AG 2009

Aktivní filtr – reálný příklad

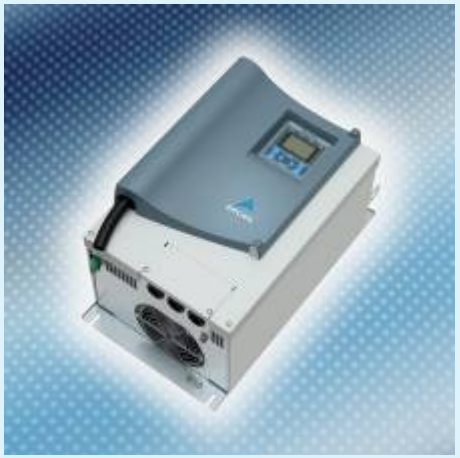
Frekvenční měnič

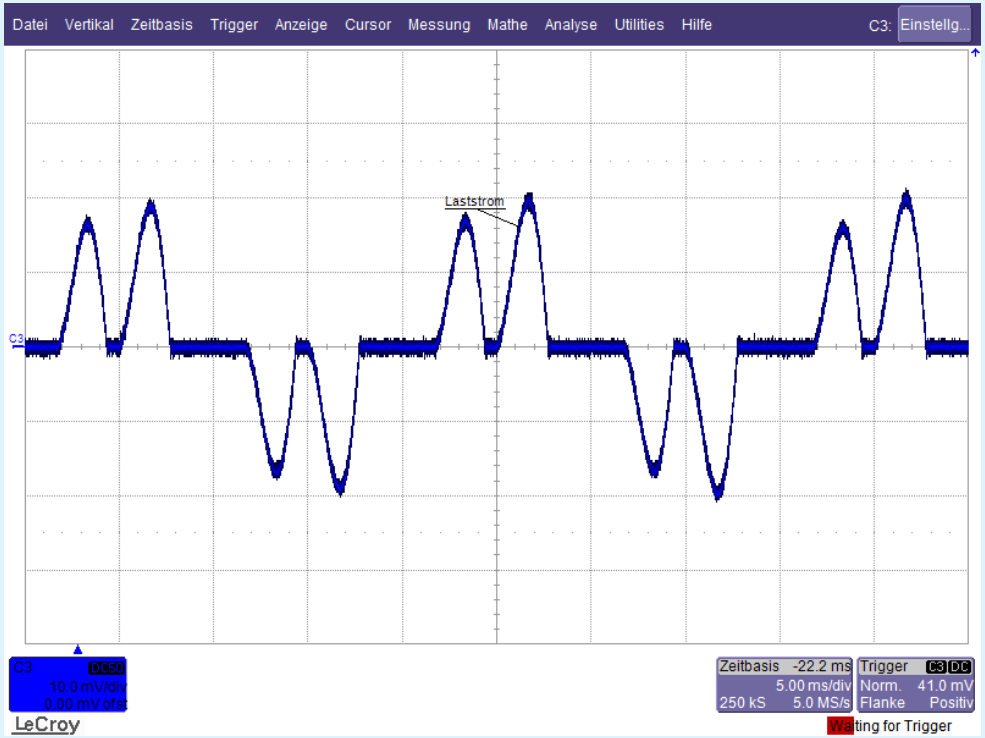
DC spojka

impedance 1,6 % u_k

45 kW asynchronní motor

zátěž cca 30 kW

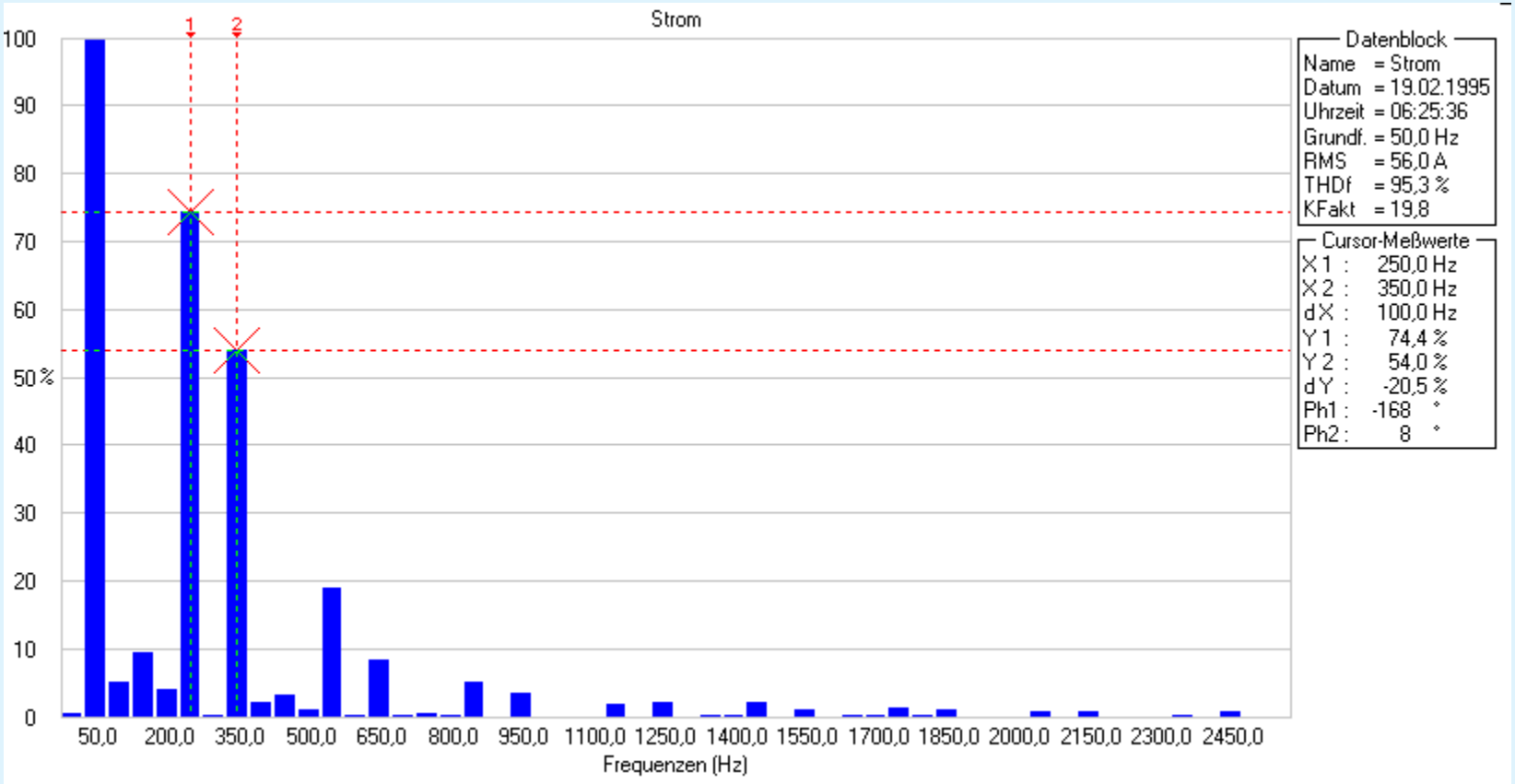




© EPCOS AG 2009

Aktivní filtr – Analýza bez filtru

Fourierova nalýza: THD-I = 95 %



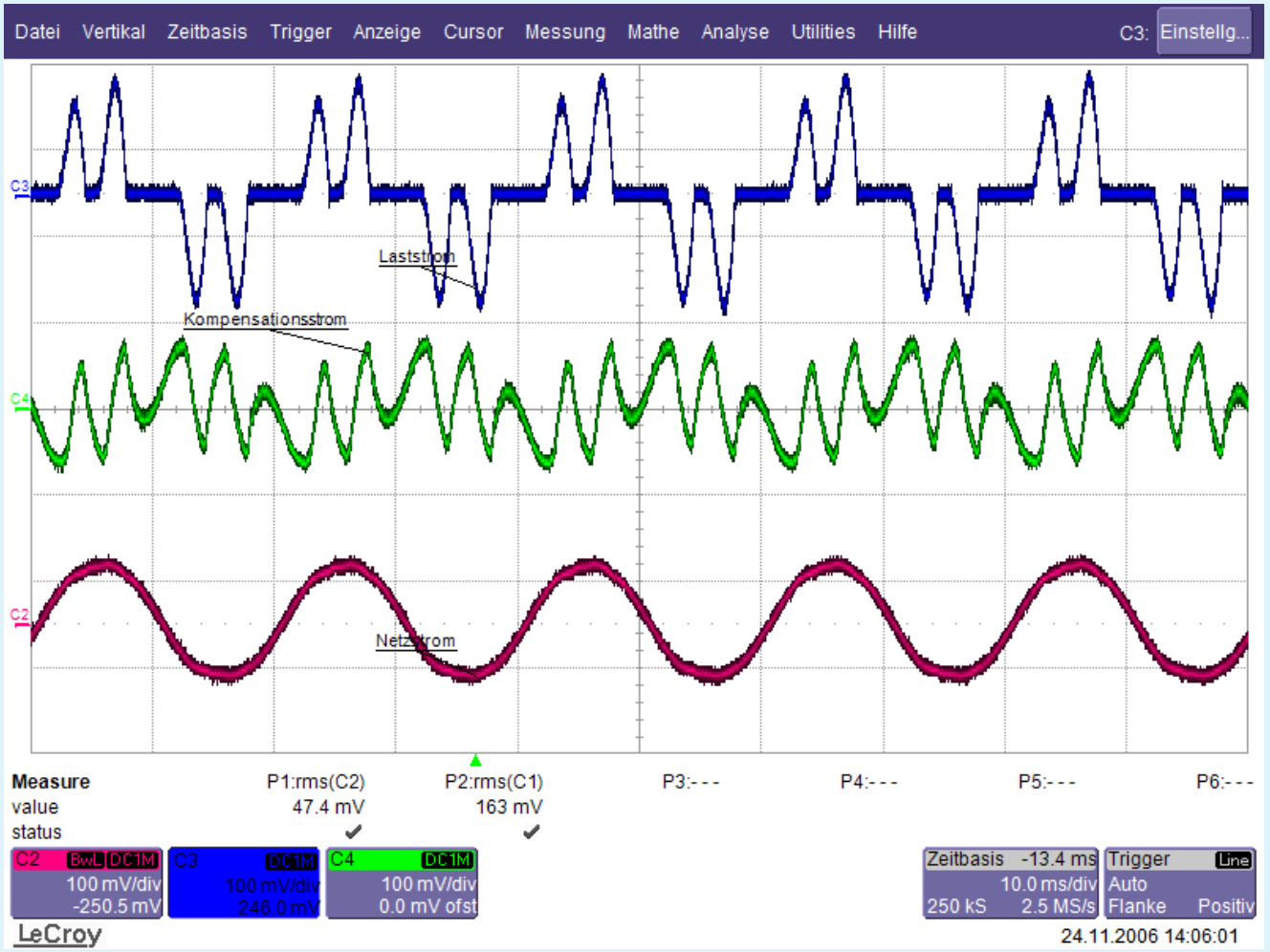
© EPCOS AG 2009

AHF – příklad- vstřik proudu

Proud zátěže, 100A/T

Proud filtru, 100A/T

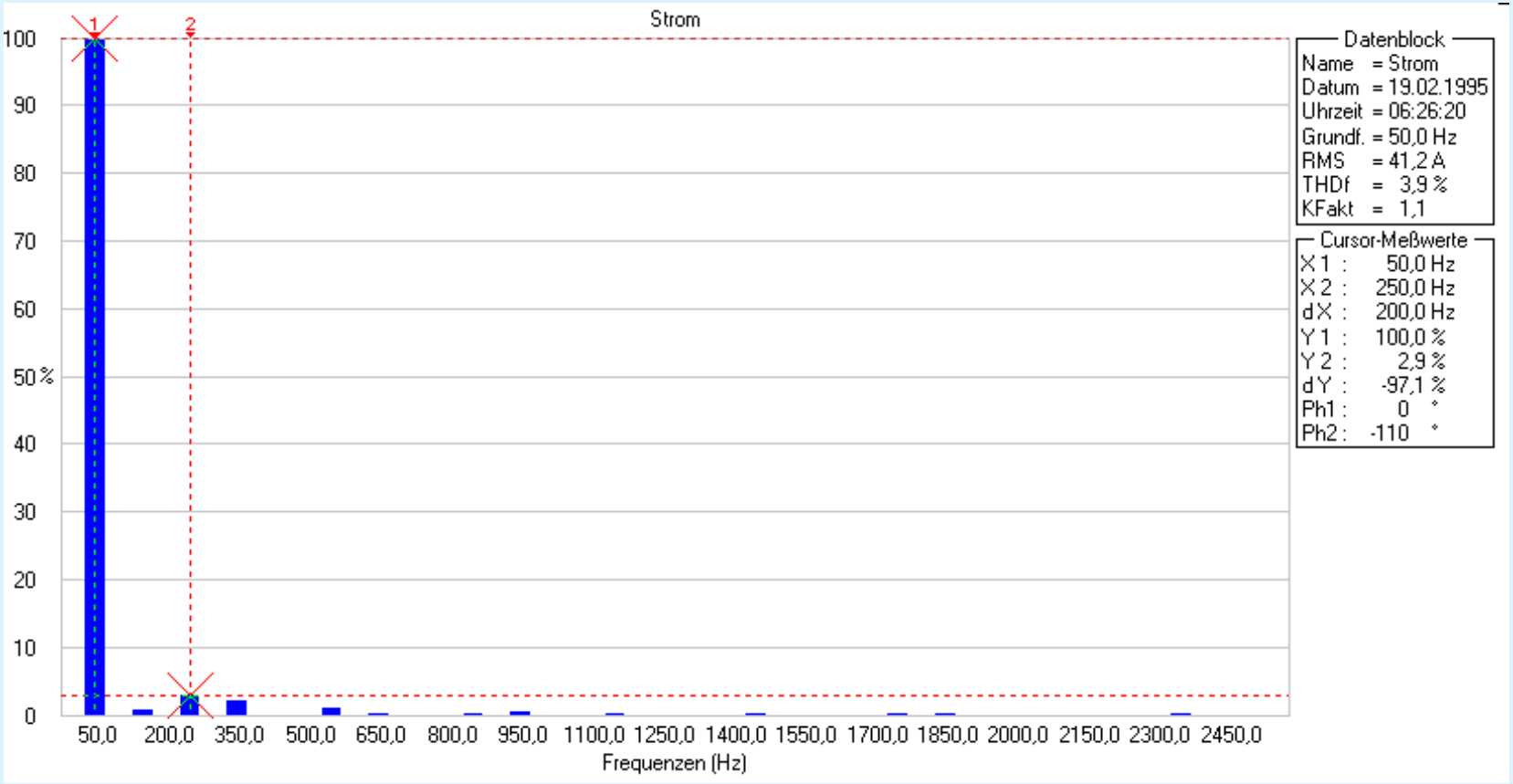
Výsledný proud sítě, 100A/T



© EPCOS AG 2009

AHF – příklad – analýza sítě s aktivním filtrem

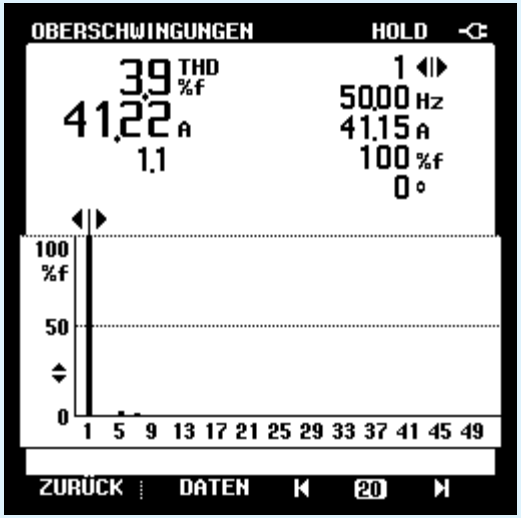
Fourierova anlýza: THD-I = 3,9 %



© EPCOS AG 2009

AHF - porovnání

zátěž	bez AHF	s AHF
zdánlivý proud	56 A	41 A
činný proud	40,5 A	41 A
proud harmonických	38 A	1,5 A
5. harmonická	30,1 A	1,19 A
7. harmonická	21,9 A	0,86 A
11. harmonická	7,7 A	0,45 A
13. harmonická	3,4 A	0,12 A
17. harmonická	2,1 A	0,16 A
19. harmonická	1,5 A	0,16 A
THD-I	**95.3%**	**3.90%**



© EPCOS AG 2009

Shrnutí aktivních filtrů

Výhody I:

- AHF může filtrovat všechny harmonické 5.-50. simultánně.
- **Není třeba složité analýzy sítě**
- V režimu uzavřené smyčky (režim MCD), **lze výsledný proud vždy zobrazit na displeji**
- AHF **nelze přetížit**!

Nevýhody:

- **Vysoká cena** aktivního filtru ve srovnání s odladěným nebo laděným filtrem
- **Potřebuje náročnější technickou podporu** zákazníkovi při uvádění do provozu

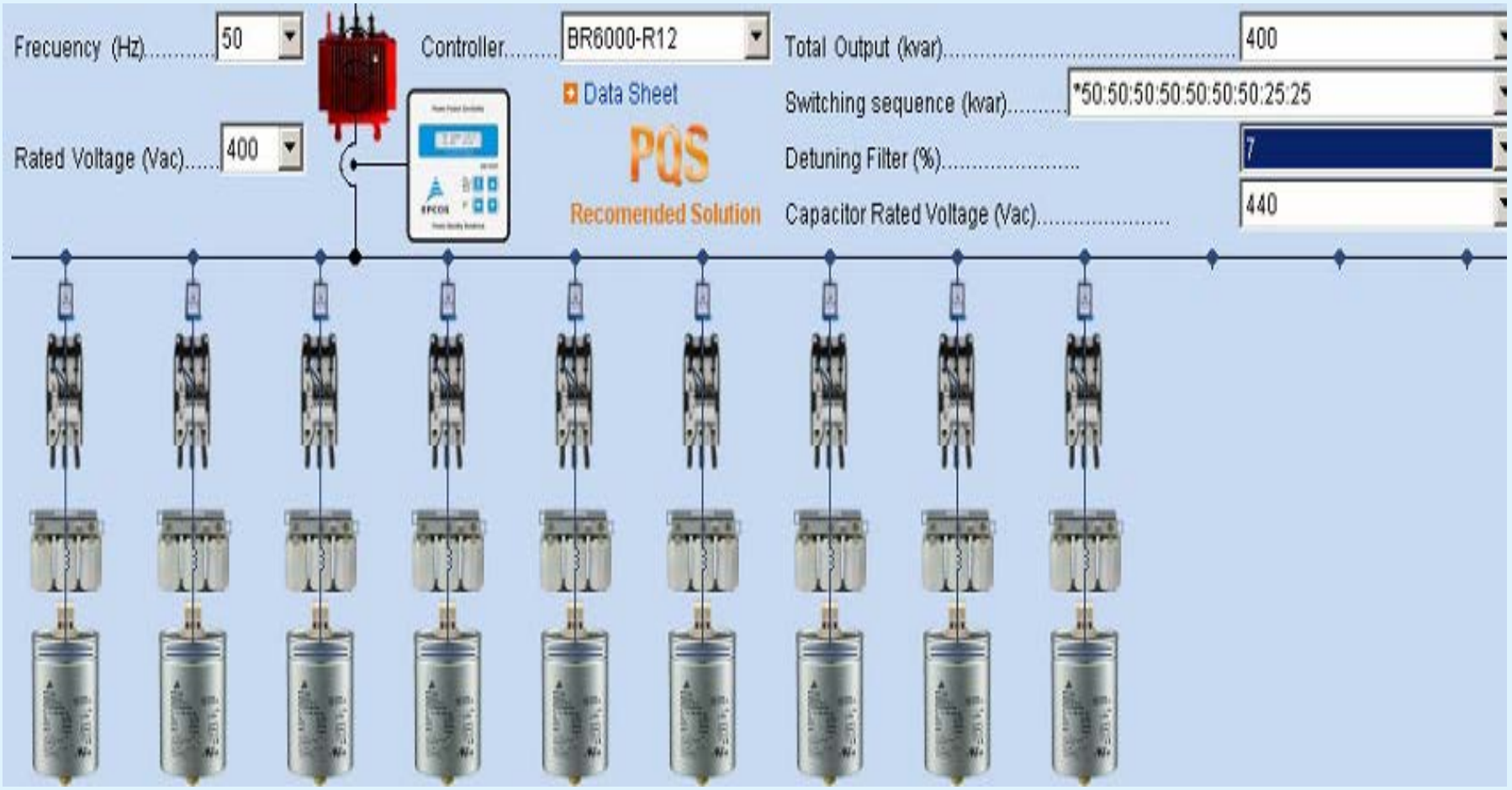
© EPCOS AG 2009

PQS

3c. Regulátor jalového výkonu BR6000

EPCOS

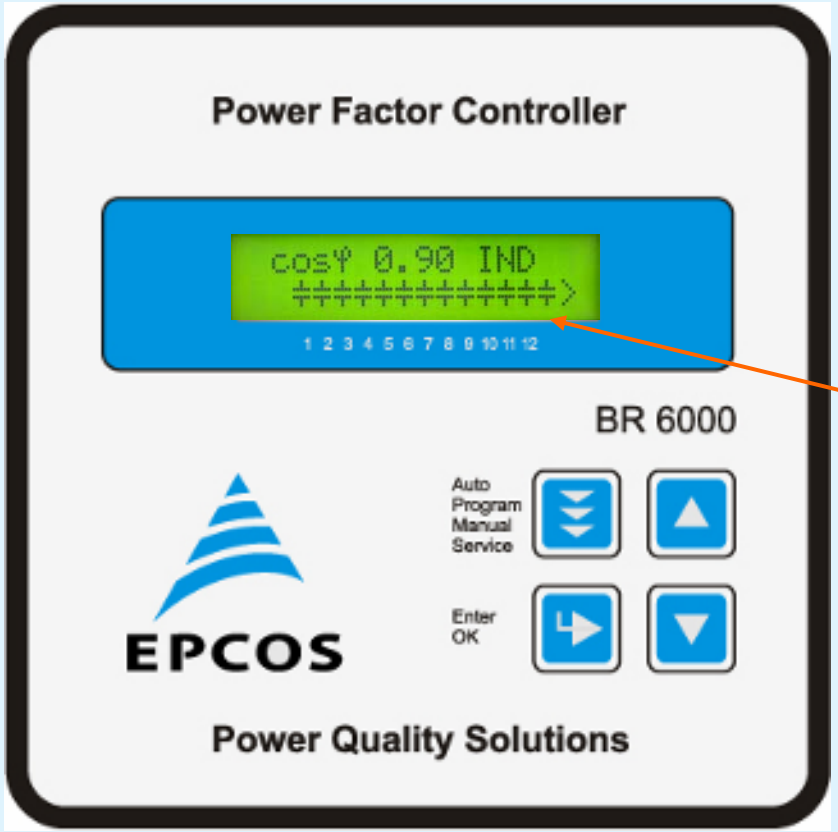
Regulátor jalového výkonu pro centralizovanou kompenzaci



© EPCOS AG 2009

BR6000 – V4: 7. a 13. stupeň

- v této verzi lze zapojit výstup alarmu jako 7. / 13. stupeň



13. stupeň!

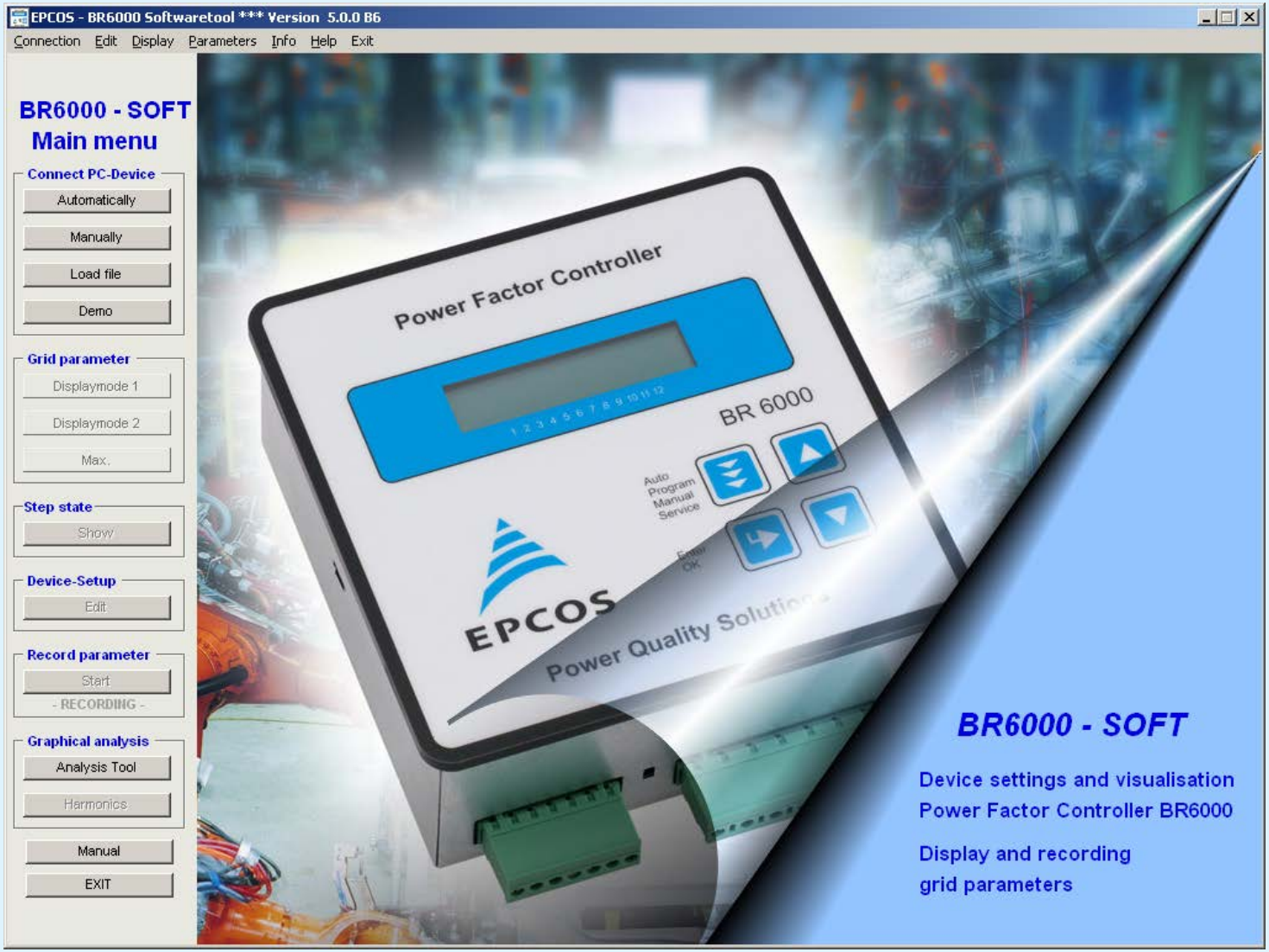
© EPCOS AG 2009

BR6000 – Výhody verze 4

- Jednoduché programování (automatická inicializace)
- Automatická detekce nesprávného zapojení PTP
- Individuální reset počtu sepnutí každého kondenzátoru
- Individuální reset provozního času každého kondenzátoru
- Jednoduché nastavení pomocí volitelného rozhraní RS232.

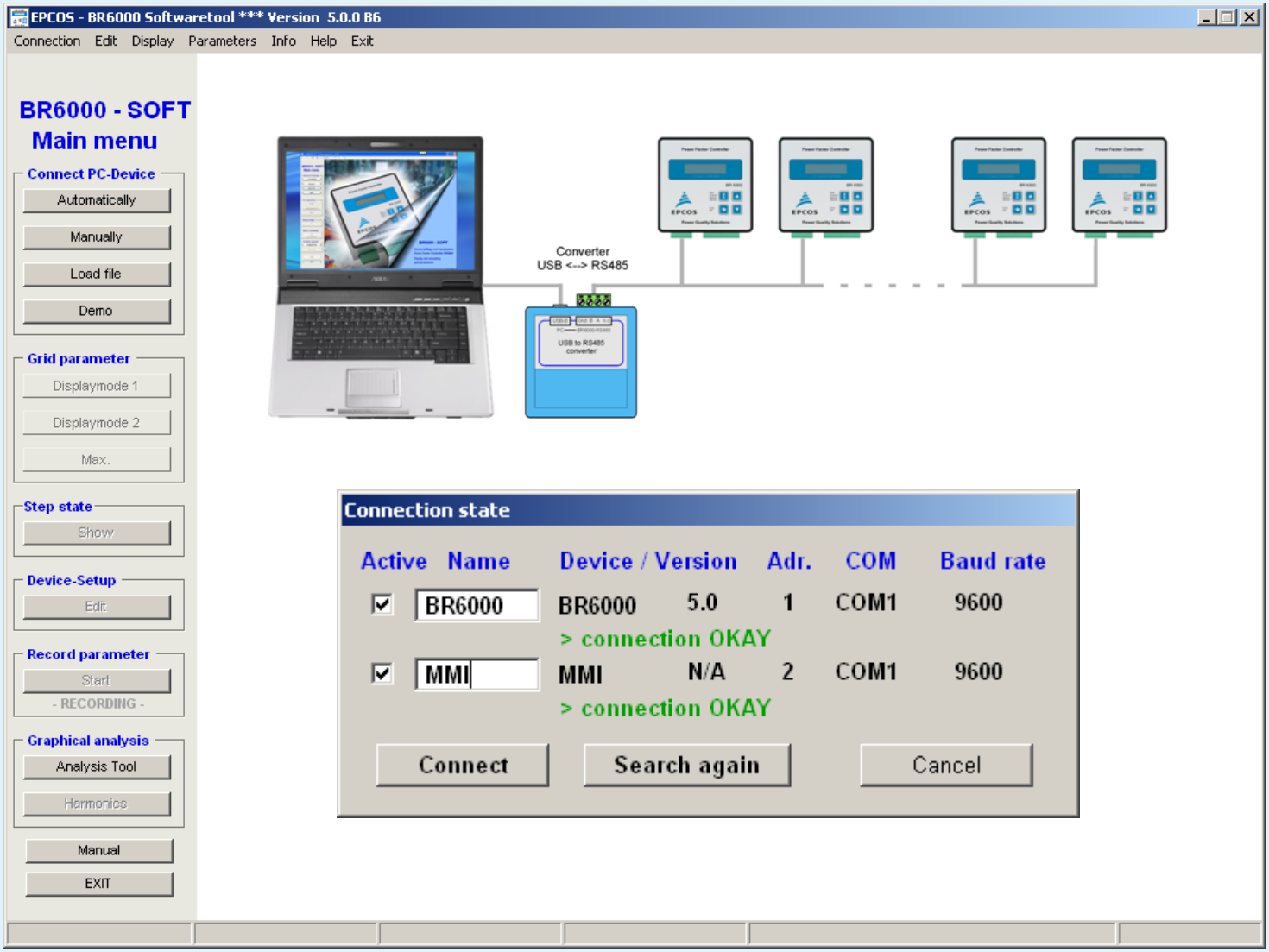
© EPCOS AG 2009

Představení nového software BR6000 V5.0



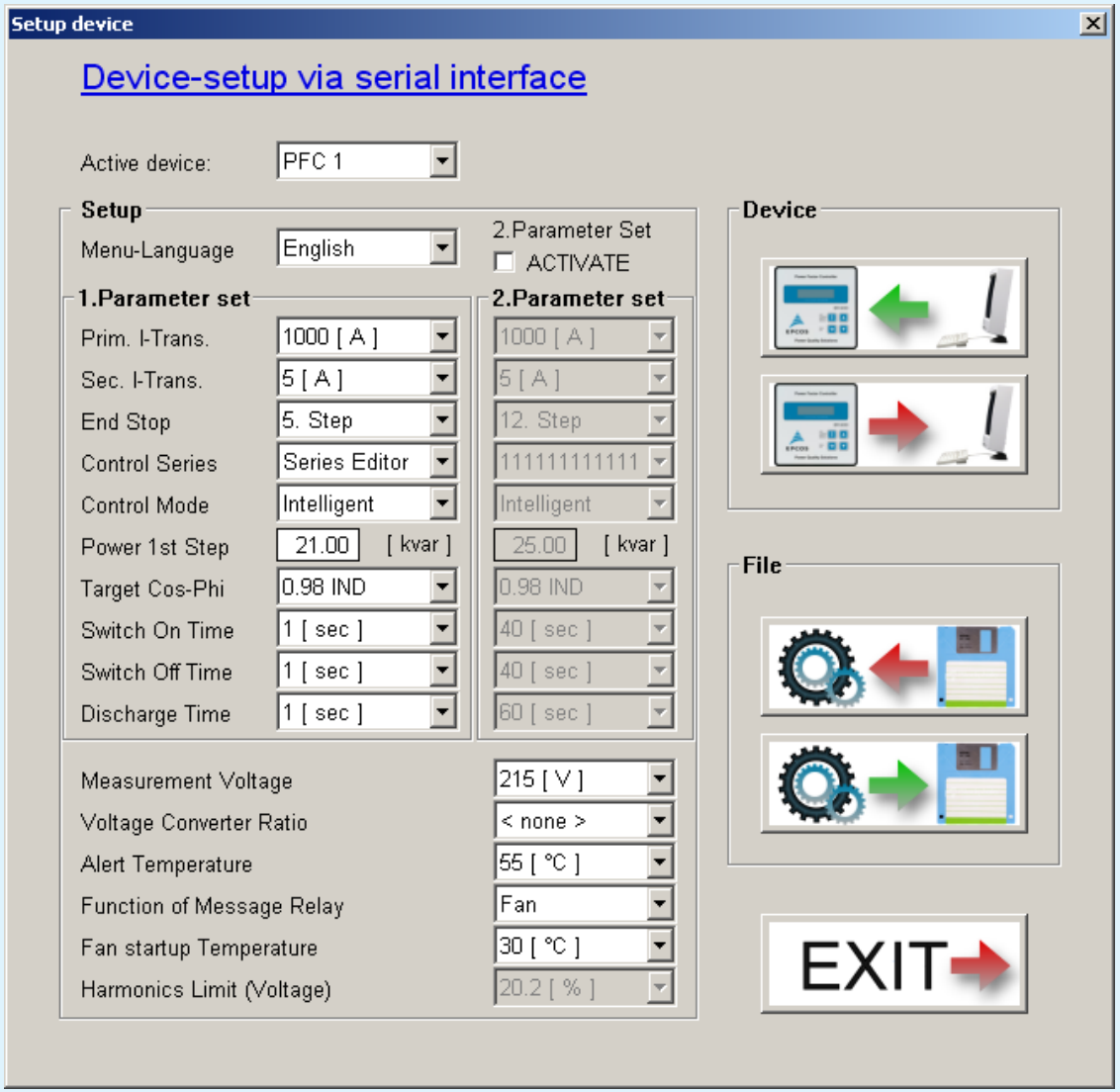
© EPCOS AG 2009

Představení nového software BR6000 V5.0



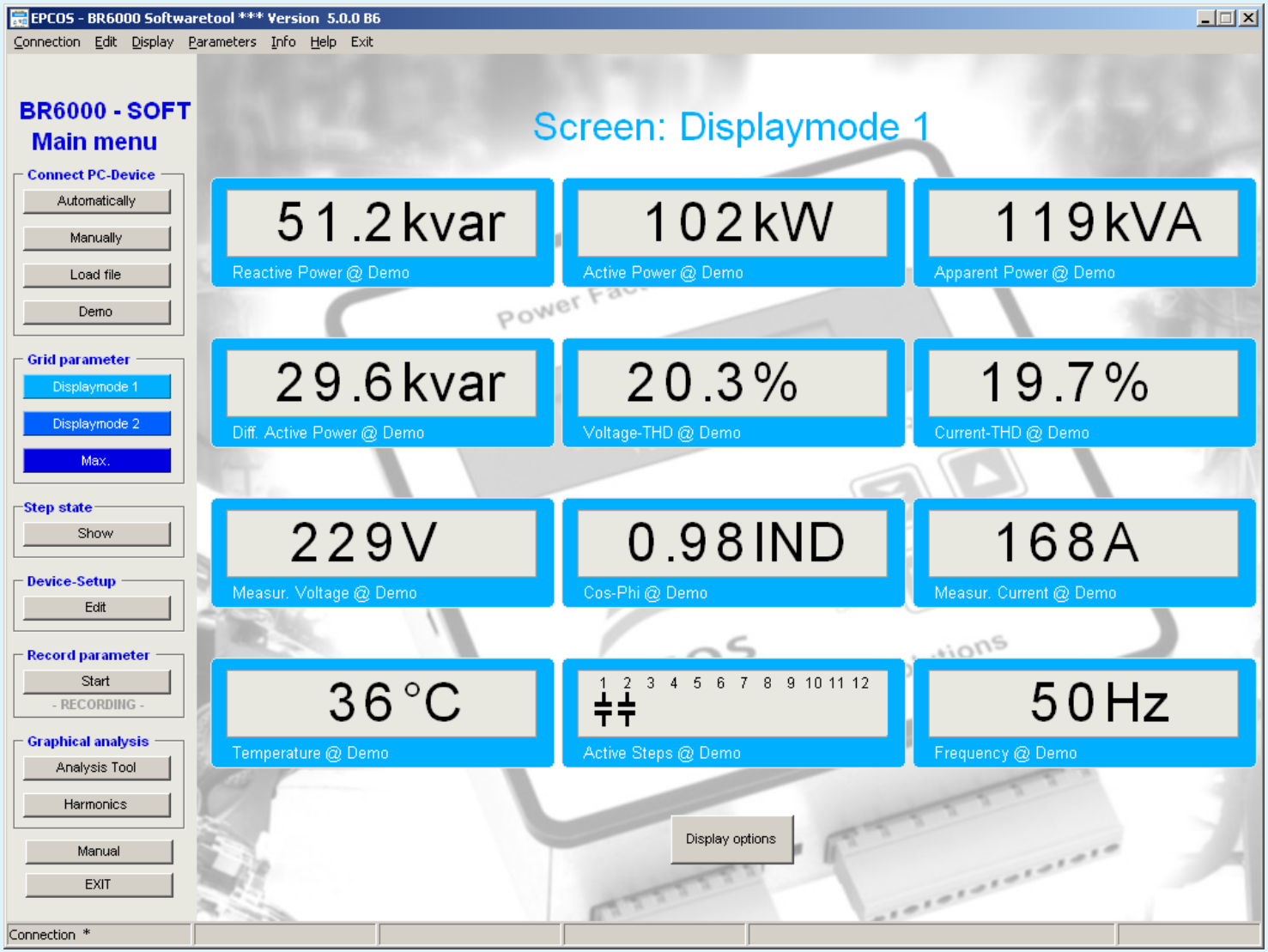
© EPCOS AG 2009

Představení nového software BR6000 V5.0



© EPCOS AG 2009

Představení nového software BR6000 V5.0



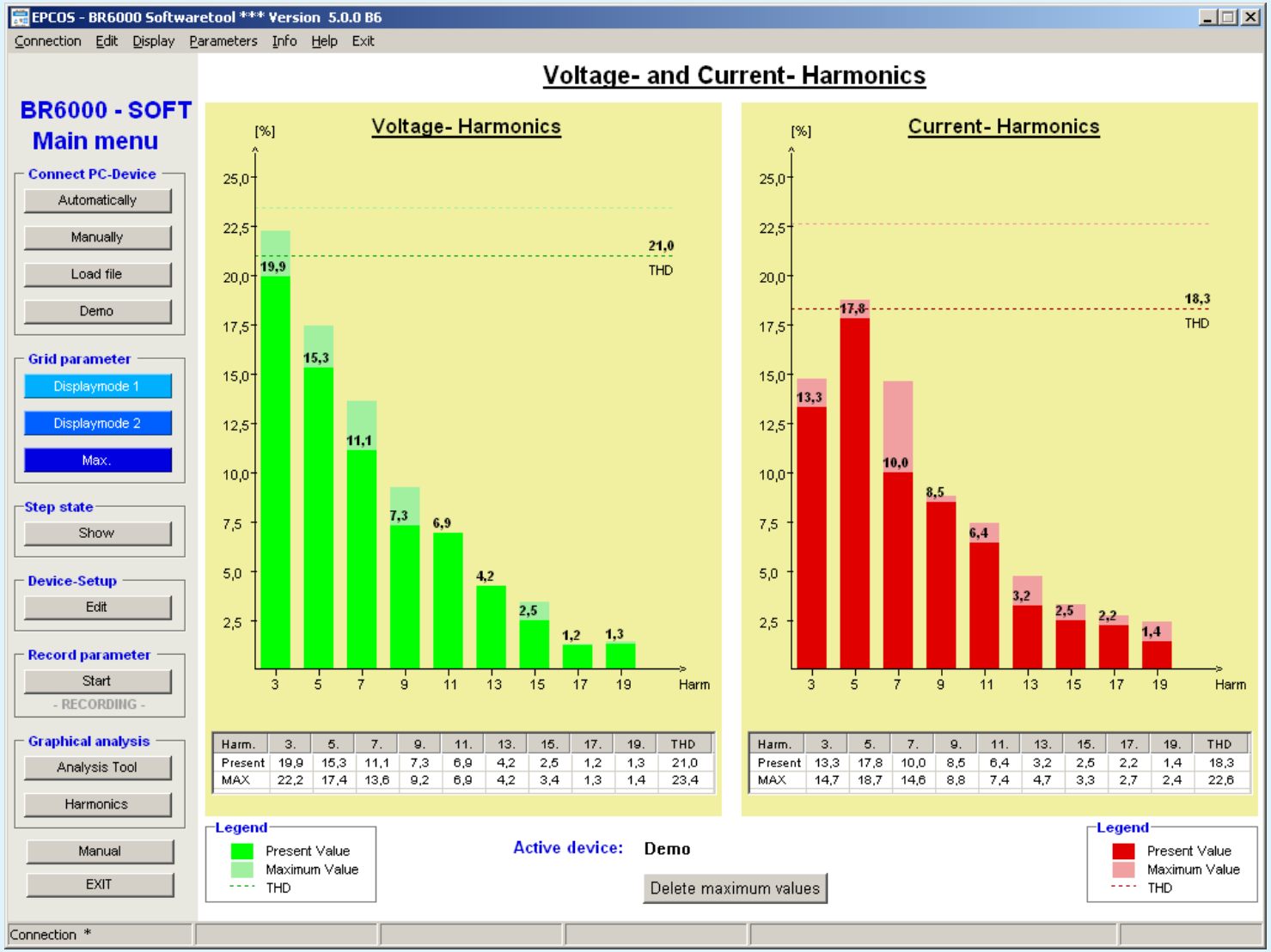
© EPCOS AG 2009

Představení nového software BR6000 V5.0

Step	Unit	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Step state		AUTO	AUTO	AUTO	AUTO	AUTO	> Endstop	> Endstop	> Endstop	> Endstop	> Endstop	> Endstop	> Endstop	> Endstop
Switching cycl.	[n]	11	10	11	10	6	0	0	0	0	0	0	0	0
Duty	[h:mm]	0:59	1:05	11:41	2:37	1:09	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00
Stage valency		1	1	1	1	5	0	0	0	0	0	0	0	0
Stage power	[kvar]	21,00	21,00	21,00	21,00	105,00	inactive	inactive	inactive	inactive	inactive	inactive	inactive	inactive

© EPCOS AG 2009

Představení nového software BR6000 V5.0



© EPCOS AG 2009

Power Quality Solutions by EPCOS

PQS

Spínací technika

3d. Stykače kondenzátorů

EPCOS

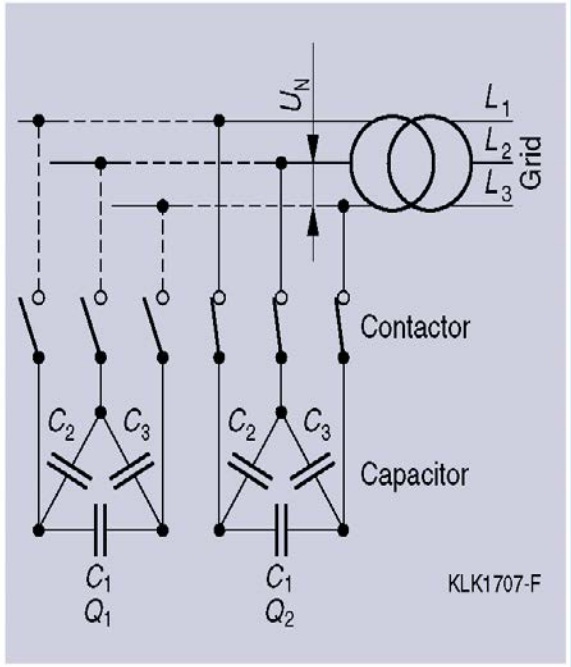
Nárazový proud – paralelní spínání kondenzátorů

- Typický nárazový proud je 100-250 násobek jmenovitého proudu při přímém připojení k jinému v provozu.

Paralelní zapojení kondenzátorů:

Parallel connecting of capacitor:

$$\hat{I} = \frac{\sqrt{2} * U_N}{\sqrt{X_C * X_L}}$$



Spojení 50kVAr kondenzátoru, další 300kVAr kondezátor je již připojen k síti
-Síť 400V/50Hz
-Jmenovitý výkon transformátoru: 630V
-Napětí nakrátko 6%
-Q1=50kVAr
-Q2=300kVAr
-In=72A, Un=400V;f=50Hz

$$X_C = 3 * U_N^2 * \left(\frac{1}{Q_1} + \frac{1}{Q_2} \right) = 11{,}2 m\Omega$$

-Indukčnost L fáze = 0,4uH (empiricky)

$$X_L = \omega * L = 2 * \pi * f * L = 0{,}125 m\Omega$$

$$\hat{I} = \frac{\sqrt{2} * 400V}{\sqrt{11{,}2\Omega * 0{,}125 * 10^{-3}\Omega}} = 15118A$$

Nárazový proud je 210x vyšší, než jmenovitý proud

© EPCOS AG 2009

Vliv vysokého nárazového proudu…

…a výsledné zkreslení

- Vysoké namáhání kondenzátoru – redukovaná životnost
- **Svařování a/nebo rychlé opotřebení kontaktů**
- Negativní dopady na kvalitu energie (přechodné děje)
- Vysoká cena údržby a penalizace za nefunkční kompenzaci

© EPCOS AG 2009

Nárazový proud – nápravná opatření

- **Sériové cívky** (několik závitů na přívodních vodičích)
- **Filtrové obvody** (odladěné kondenzátorové banky)
- **Kondenzátorové stykače** s pomocnými startovacími rezistory
- **Tyristorové spínání**

© EPCOS AG 2009

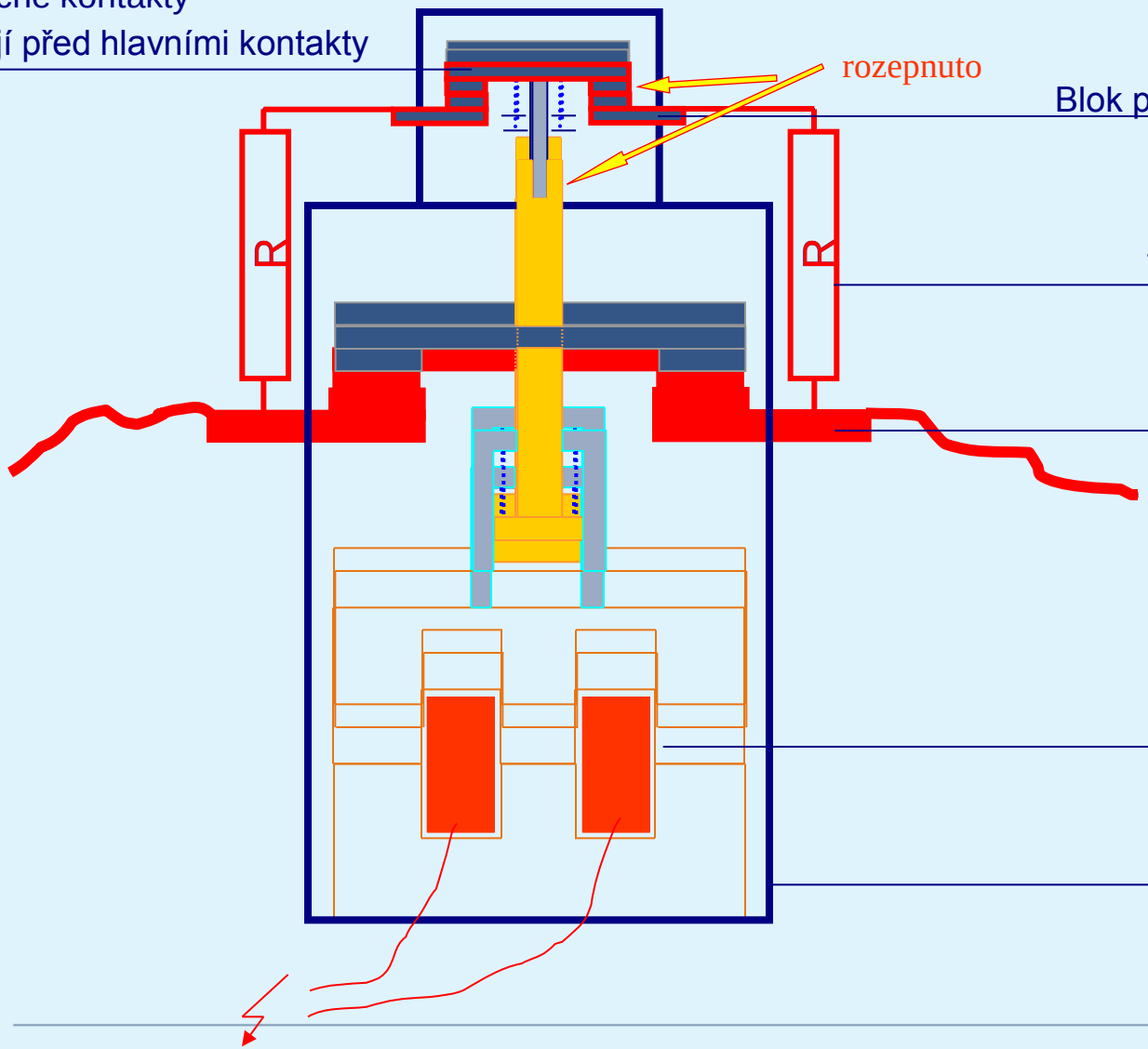
EPCOS kondenzátorové stykače

- Speciálně vytvořené **pro omezení nárazového proudu**
- **Snížení napěťových poklesů**
- **Měkké spínání kondenzátorů**
- **Snížené ohmické ztráty**
- **Bezporuchové a chráněné** startovací **rezistory**

© EPCOS AG 2009

Princip funkce

Pomocné kontakty
Spínají před hlavními kontakty



Blok pomocných kontaktů

Tlumící odpory

Hlavní kontakty

Cívka

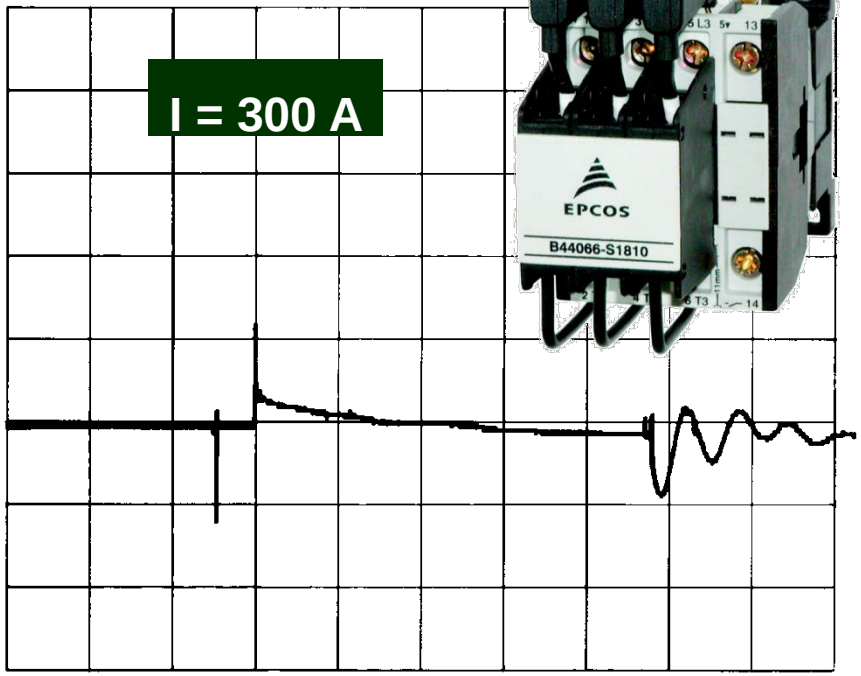
Kryt stykače

© EPCOS AG 2009

Stykače kondenzátorů - porovnání

Bez startovacích kontaktů

se startovacími kontakty



12,5kVAr (18A/400V)
A: 250A / dílek. čas:0,5ms / dílek.

© EPCOS AG 2009

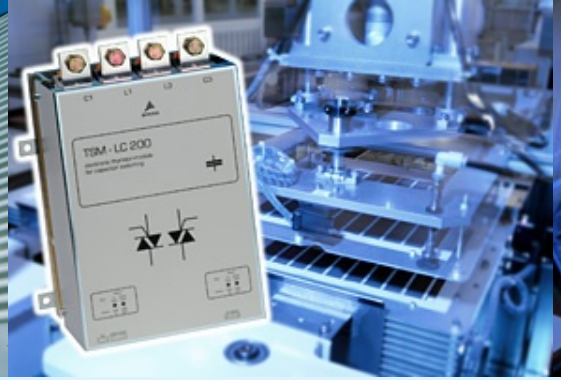
Výhody: stykač EPCOS

- **Rozsah stykačů** od **12,5kVAr** do **100kVAr**
- **Použitelné** pro **klasické i odladěné** kompenzační stupně
- Odolné vůči **zvýšenému napětí** způsobenému odladěním
- **Vyšší spolehlivost provozu** použitím jednofázových předkontaktů
- **Snížené namáhání** kondenzátorů
- **Snížené ztráty** během provozu

© EPCOS AG 2009

Power Quality Solutions by EPCOS

PQS



Spínací techniky

4b. Rychlá kompenzace

EPCOS

Aplikace:

Každá rychle se měnící zátěž potřebuje rychlou kompenzaci, např.

- Bodové svařování
- Lisy (např. automotive)
- **Výtahy**
- (kontejnerové) **jeřáby**
- **Větrné elektrárny**
- **vytláčení plastů**
- **Mlýny**

© EPCOS AG 2009

Rychlé procesy potřebují rychlou kompenzaci!

Příklad : bodové sváření karoserií

© EPCOS AG 2009

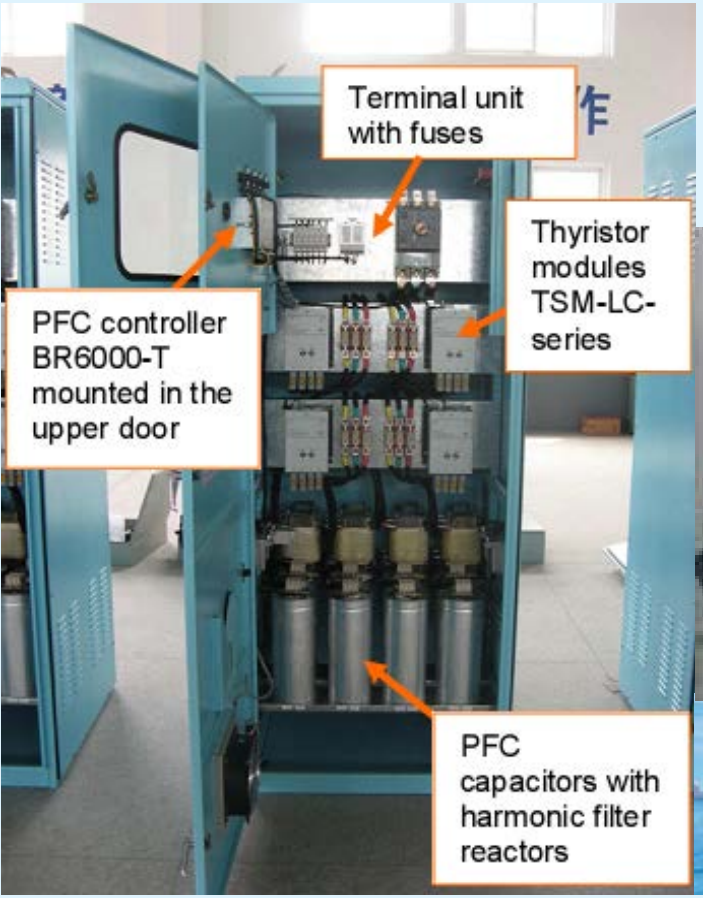
Co je rychlá kompenzace?

- Rychlá kompenzace je úprava účiníku vyžadující
  - Rychlý regulátor (např. BR6000T)
  - Elektronický **spínací modul** (TSM)
- pro dosažení:
  - **Spínání bez přechodných dějů**
  - **Kompenzace s vysokou frekvencí spínání**
  - **Minimální reakční čas** (< 20 ms)
  - **Žádné opotřebení**
  - **Zvýšení kvality el. energie**
  - **Zvýšení spolehlivosti a životnosti**

© EPCOS AG 2009

Příklad aplikace

Největší čínská loděnice – **7** MVAr rychlá kompenzace



- **Sváření**
- **Jeřáby**

© EPCOS AG 2009

Rychlé spínání – produktová řada

200kVAr/400V

50kVAr/400V

50kVAr/690V

10kVAr/400V

© EPCOS AG 2009

Jednoduchý výběr pomocí tabulky

Component selection table for dynamic LV PFC antiresonance filter circuits

De-tuning factor %	Effective filter output kvar	Capacitor[1] quantity and ordering code	Reactor quantity and ordering code	Thyristor module quantity and ordering code	Discharge resistor[2] quantity and ordering code	Cable[3] cross-section mm²	Fuse[3] A
Grid voltage: 400 V – 50 Hz dynamic detuned filters components selection table							
5.67	10	1x B25667B5197A375	1x B44066D5010S400	1x B44066T0010E402	1x B44066T0022E400	10	35
5.67	12.5	1x B25667B5237A375	1x B44066D5012S400	1x B44066T0010E402	1x B44066T0022E400	10	35
5.67	20	2x B25667B5197A375	1x B44066D5020S400	1x B44066T0025E402	1x B44066T0022E400	10	50
5.67	25	2x B25667B5237A375	1x B44066D5025S400	1x B44066T0025E402	1x B44066T0022E400	16	63
5.67	40	1x B25667B5287A375 2x B25667B5237A375	1x B44066D5040S400	1x B44066T0050E402	1x B44066T0022E400	35	100
5.67	50	2x B25667B5347A375	1x B44066D5050S400	1x B44066T0050E402	1x B44066T0022E400	35	125
5.67	100	[illegible]	B44066D5100S400	1x B44[illegible]02	2x B44066T0022E400[2]	120	250
7	10	1x B25667B5197A375	1x B44066D7010S400	1x B44066T0010E402	1x B44066T0022E400	10	35
7	12.5	1x B25667B5237A375	1x B44066D7012S400	1x B44066T0010E402	[illegible]	10	35
7	[illegible]	25667B5177A375 25667B5197A375	[illegible]	1x B44066T0025E402	[illegible]	10	50
7	25	2x B25667B5237A375	1x B44066D7025M400	1x B44066T0025E402	1x B44066T0022E400	16	63
7	40	1x B25667B5287A375 2x B25667B5237A375	1x B44066D7040M400	1x B44066T0050E402	1x B44066T0022E400	35	100
7	50	2x B25667B5347A375 1x B25667B5237A375	1x B44066D7050M400	1x B44066T0050E402	1x B44066T0022E400	35	125
7	100	4x B25667B5347A375 2x B25667B5237A375	1x B44066D7100M400	1x B44066T0100E402	2x B44066T0022E400[2]	120	250

Kondenzátor

TSM

7%

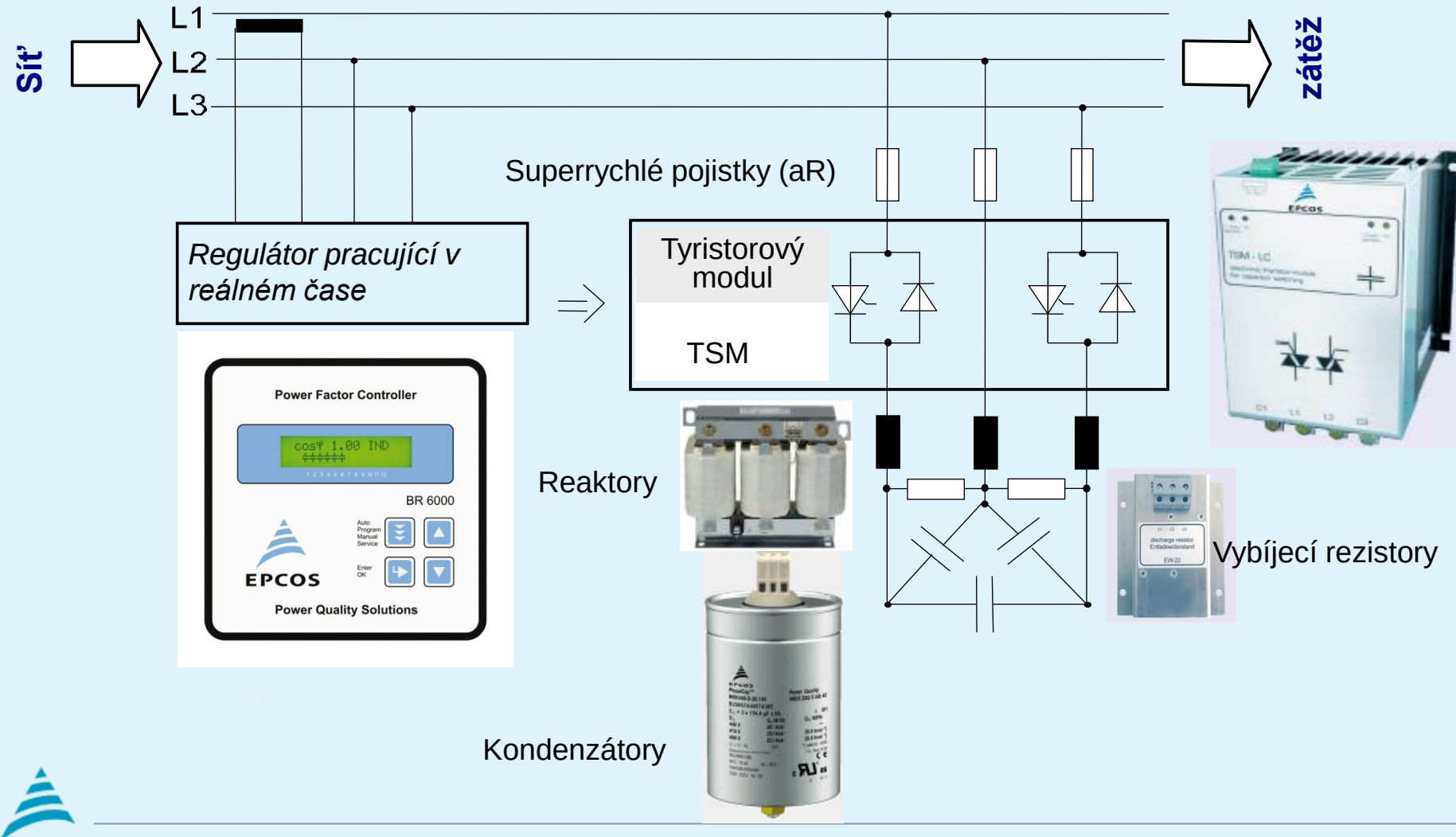
50kVAr

Reaktor

Vybíjecí odpor

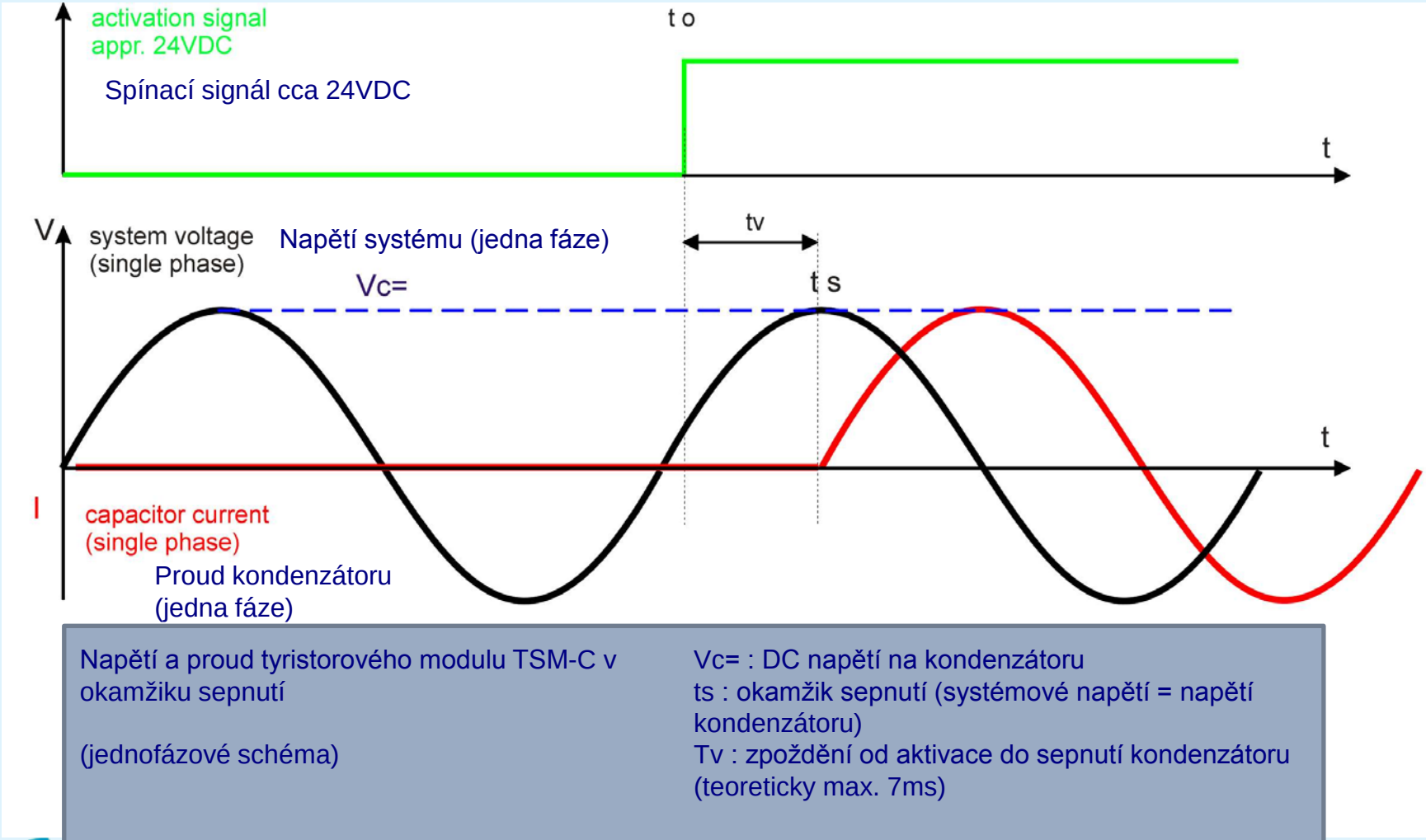
© EPCOS AG 2009

Dynamická kompenzace – základy návrhu



© EPCOS AG 2009

Základy spínání



Napětí a proud tyristorového modulu TSM-C v okamžiku sepnutí

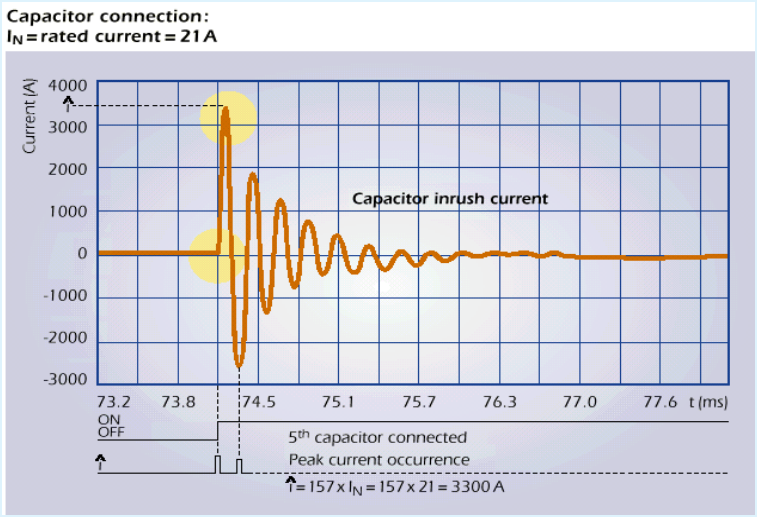
(jednofázové schéma)

Vc= : DC napětí na kondenzátoru
ts : okamžik sepnutí (systémové napětí = napětí kondenzátoru)
Tv : zpoždění od aktivace do sepnutí kondenzátoru (teoreticky max. 7ms)

© EPCOS AG 2009

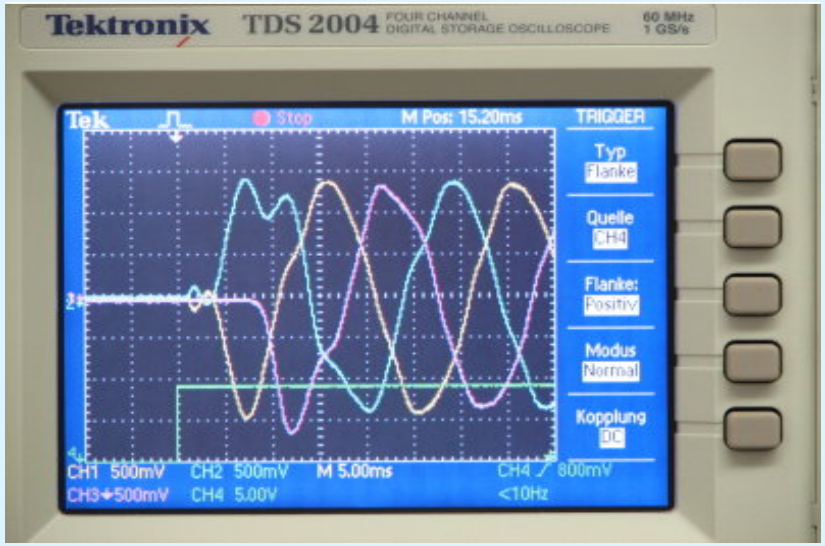
Měkké spínání

Normální stykač



- nárazový proud 3500A!
- 157x jmenovitý proud!

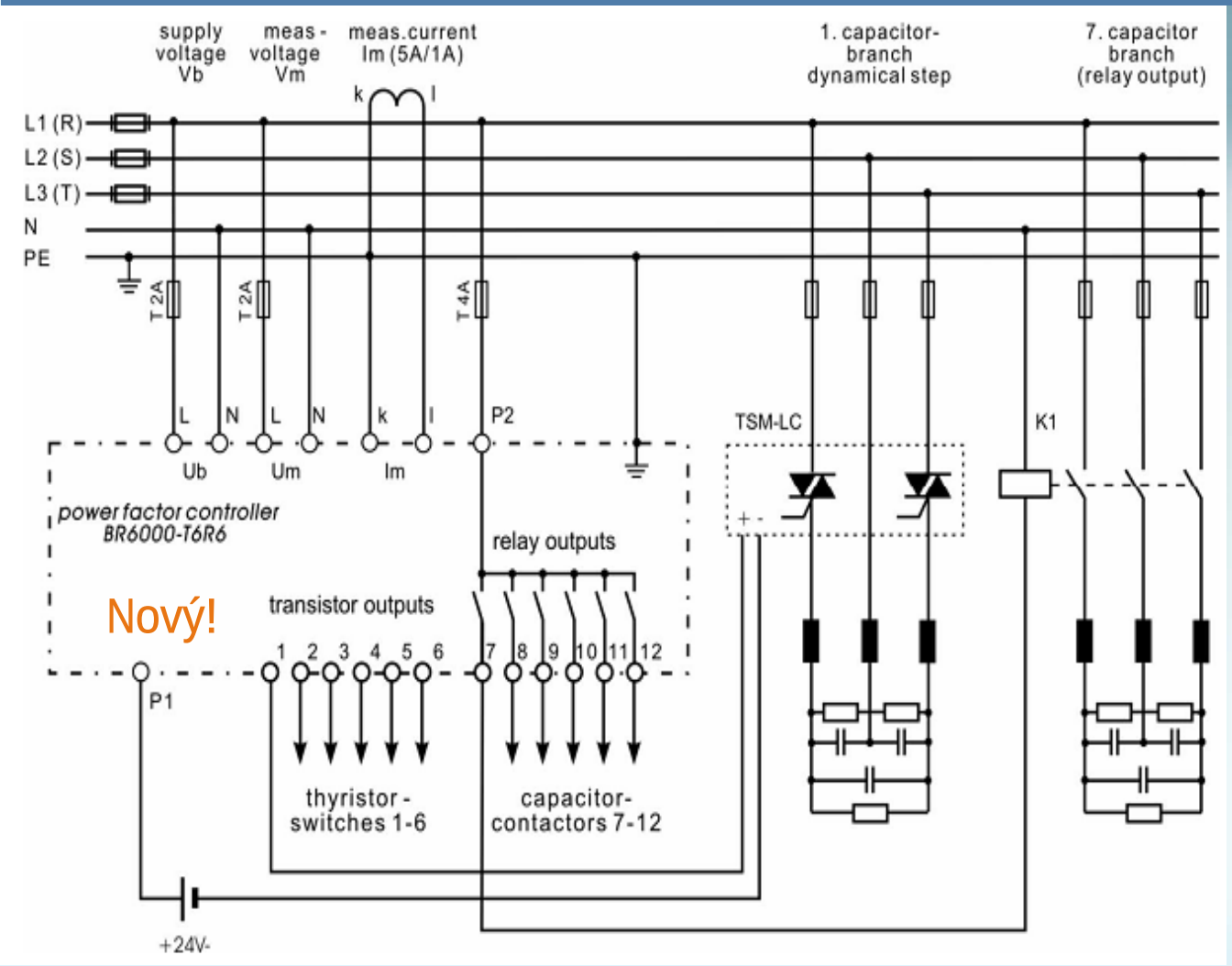
EPCOS TSM thyristor switch



- téměř nulový spínací čas
- ULTRA RYCHLÉ spínání
- bez nárazového proudu!!

© EPCOS AG 2009

Nový hybridní regulátor BR6000



© EPCOS AG 2009

Shrnutí rychlé kompenzace

Výhody rychlé kompenzace

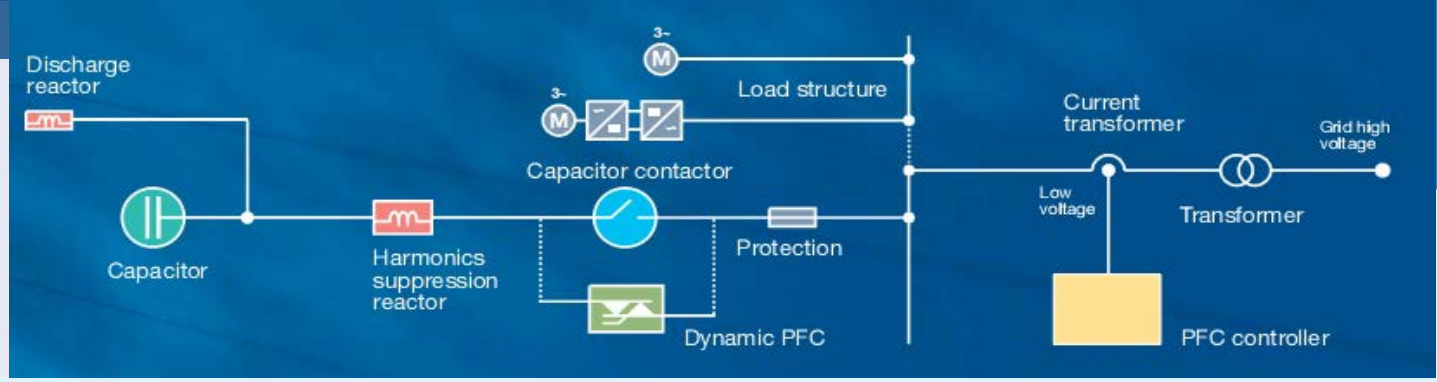
- **Eliminace jalového proudu pro pomalé i rychlé zátěže**
- Snížení nákladů díky snížení maximálních hodnot proudu (kabely, části rozvodu)
- Kvalita el. energie: **snížení přechodných jevů & poklesů napětí**
- **Rychlé spínání bez nutnosti** času pro vybíjení (< 20 ms) a proto krátkých časů cyklu
- **Stabilizace napětí sítě** (předcházení poklesů napětí), a proto vylepšení výrobního procesu v rozsahu kvality a času
- **Zvýšení životnosti** a **dlouhodobý výkon**:
  - **Spínačů** (díky nekonečnému počtu spínání)
  - **Kondenzátorů** (díky měkkému spínání bez přechodných jevů

© EPCOS AG 2009

Poznámky k použití rychlé kompenzace

© EPCOS AG 2009

PQS



3e. Návrh rozvaděče

Jak zvýšit životnost kompenzace a spolehlivosti rozvaděče

Jak zvýšit životnost kompenzace

Očekávaná životnost (dle IEC 60831) založená na statistické analýze při jmenovitých provozních podmínkách:

- Specifikace napětí
- Specifikace proudu bez rezonancí
- Tlumení nárazového proudu
- Méně než 5000 spínacích operací za rok
- Nepřekročení teplotních limitů

© EPCOS AG 2009

Reálné podmínky v síti

Síť

Zátěž

$V_{síť}$ = 400V

V_{REAL}= 415V

U_1

U_5

U_7

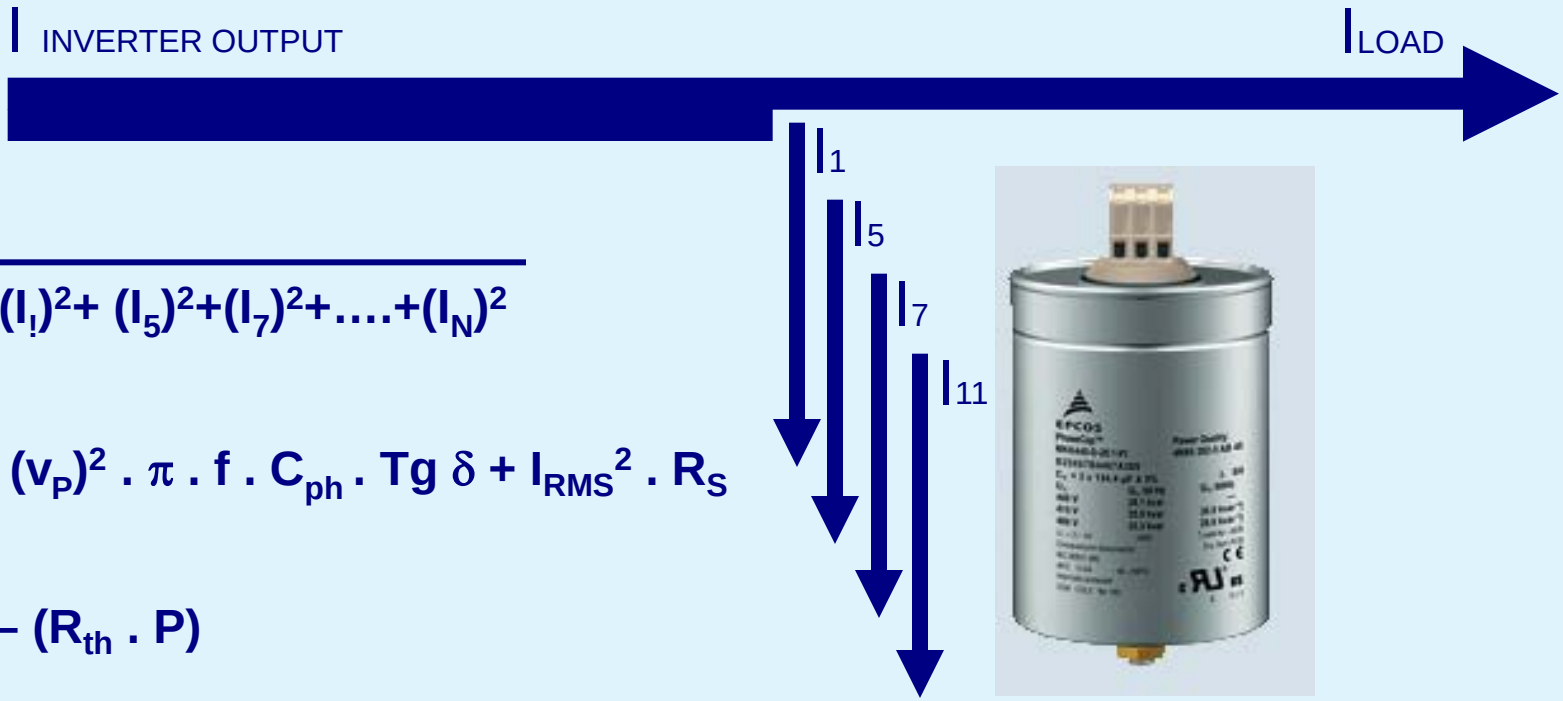
U_{11}

V_{REAL} je měřené efektivní napětí v případě, že jsou zapojené kondezátory.

V_{RATED}= 415V

© EPCOS AG 2009

Skurečný efektivní proud I_{RMS}



$$I_{RMS} = \sqrt{(I_1)^2 + (I_5)^2 + (I_7)^2 + \ldots + (I_N)^2}$$

$$P = 3 \cdot (v_P)^2 \cdot \pi \cdot f \cdot C_{ph} \cdot Tg\,\delta + I_{RMS}^2 \cdot R_S$$

$$T_A < T_0 - (R_{th} \cdot P)$$

$$T_A < 70° - (2(°/W) \cdot P(W))$$

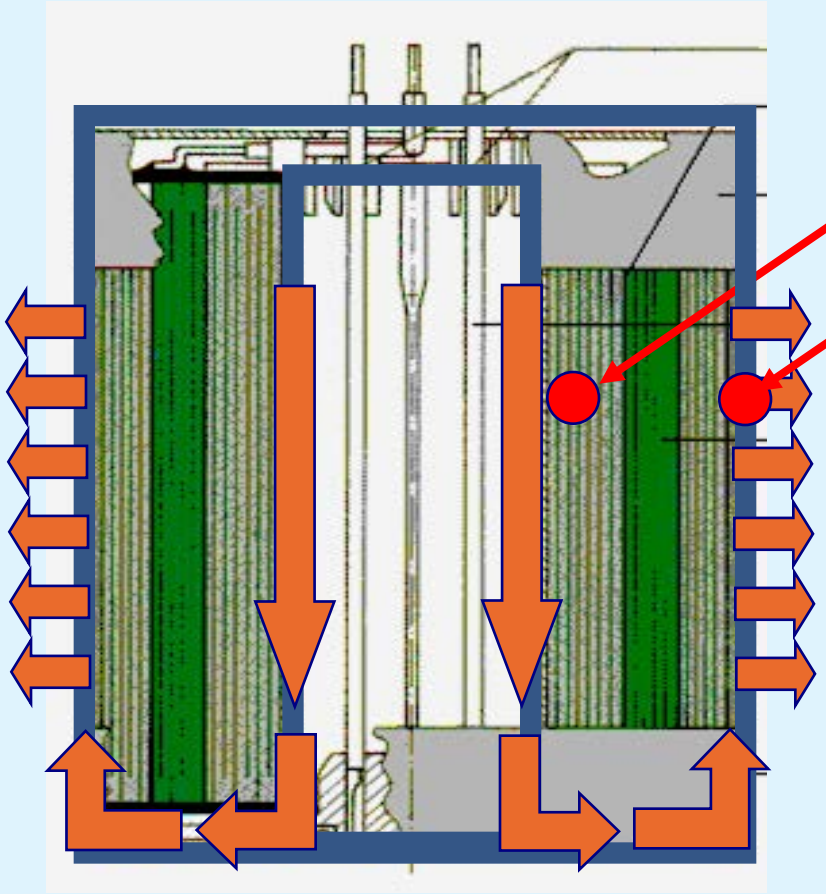
© EPCOS AG 2009

Limity třídy –40/D :

- Max. střední teplota 35°C během roku
- Max. střední teplota 45°C během dne
- Absolutní maximum 55°C
- Absolutní minimum –40°C

© EPCOS AG 2009

Jádro chlazení & Teplota horkého bodu



HORKÝ BOD(Tamb + 15°C)

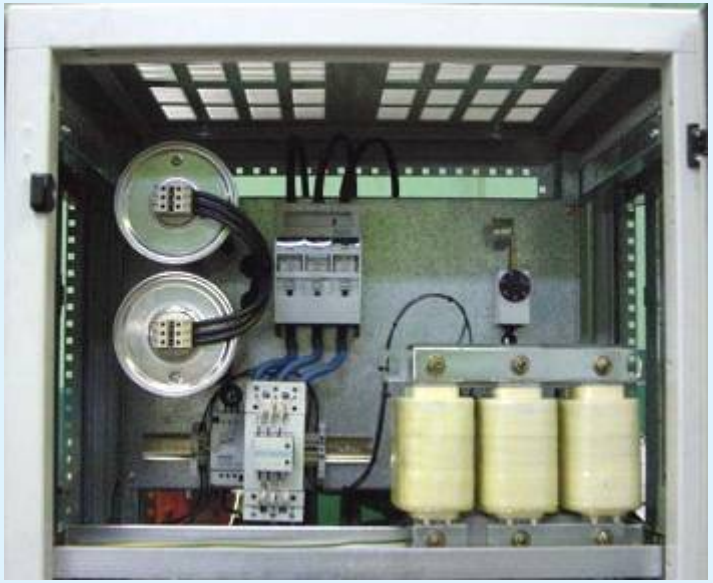
TEPLOTA POVRCHU (Tamb + 10°C)

OKOLNÍ TEPLOTA (Tamb)

PhaseCap Kritéria návrhu:
Max. teplota horkého bodu = 70°C
Zaručuje spolehlivý provoz

© EPCOS AG 2009

Zachovejte nejnižší možnou teplotu



T_{AMB} < 35°C

Návrh rozvaděče musí zajistit vhodné chlazení

Pravidlo návrhu chlazení kompenzace:

Standardní kompenzační rozvaděče: 1m³/h na 1 kVAr

Odladěné kompenzační rozvaděče: 2,5m³/h na 1 kVAr

© EPCOS AG 2009

Spínání a tlumení nárazových proudů

Použijte inteligentní regulátor s optimální spínací frekvencí

Použijte speciální stykač pro snížení nárazového proudu kondenzátorů

© EPCOS AG 2009

Životnost jako funkce napětí

LE = LEn . Xv
(LE = Životnost, Len = Jmenovitá životnost)

U = 1,10 Un → Xv = 0,50

U = 1,05 Un → Xv = 0,70

U = 1,00 Un → Xv = 1,00

U = 0,95 Un → Xv = 1,25

U = 0,90 Un → Xv = 1,50

© EPCOS AG 2009

Životnost jako funkce teploty

$LE = LEn \cdot X_T$

$T_{stř/rok} = 42°C \rightarrow X_T = 0{,}50$

$T_{stř/rok} < 35°C \rightarrow X_T = 1{,}00$

$T_{stř/rok} < 28°C \rightarrow X_T = 2{,}00$

Snížení teploty o 7°C zvýší životnost 2x !

© EPCOS AG 2009

Životnost jako funkce spínání

$LE = LEn \cdot X_S$

Spínání s tlumením	< 5000/rok	→ XS = 1,00
Spínání s tlumením	< 10000/rok	→ XS = 0,70
Spínání bez tlumení	< 5000/rok r	→ XS = 0,40
Spínání bez tlumení	< 10000/rok	→ XS = 0,20

Pro spínání > 5000/rok použijte dynamickou kompenzaci!

© EPCOS AG 2009

Životnost jako funkce snížení výkonu

$LE = LEn . X_V . X_T . X_S$

Všechny faktory dohromady vytvoří celkovou životnost, ale důležitější je vybrat kondenzátor, který lépe vyhoví požadavkům aplikace

Spolehlivost a bezpečnost nemůže být snížena pomocí vzorce, vždy je třeba vybrat správný kondenzátor.

Provozování kondenzátorů mimo podmínky dané katalogem nebo IEC831 může vést k permanentním poruchám a v nejhorším případě může odstavit bezpečnostní zařízení z provozu a způsobit hožení a požár!

© EPCOS AG 2009

Postup návrhu rozvaděče

- **Vypočítejte očekávanou životnost a zatěžování rozvaděče**
- **Analýza sítě a zátěže**
- **Výběr typu kompenzace**

(Standardní, odladěná, dynamická ...)

- **Výběr komponent**
- **Návrh rozvaděče**

© EPCOS AG 2009

Návrh rozvaděče ve fázi návrhu

- Shromážděte **informace o zátěži a struktuře sítě**

(poruchy, transformátor, …)

- **Roztřiďte zátěže** (např. % nelineárních zátěží, jednofázové,

dvoufázové, třífázové zátěže ….)

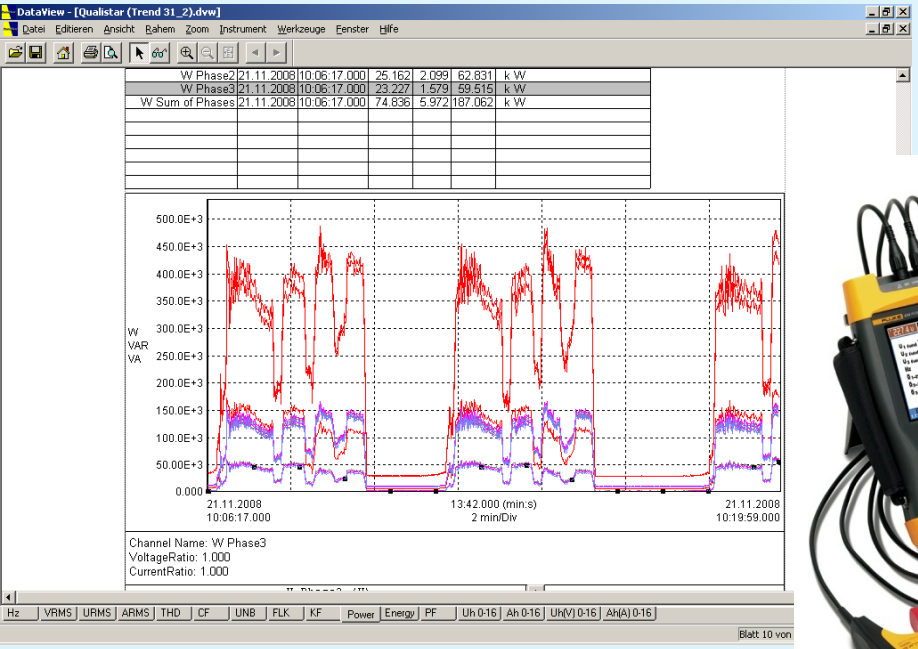
- **Vypočtěte potřebnou kapacitu** v kVAr, výsledné THD-I, ….

- **Rozhodněte** o **řešení kompenzace**

© EPCOS AG 2009

Návrh rozvaděče při provozu

- **Analýza sítě** (> 1 týden)
- **Rozhodnutí** o řešení **kompenzace**



© EPCOS AG 2009

Analýza sítě a zátěže

- **Definujte cíl řešení** : Kompenzace, Filtrace, Odlehčení
- **Potřebná data:** Cosφ, kW, transformátory, zkratový výkon, variabilita, existující kondenzátory,…
- **Jednofázové** schéma
- **Měření**: Harmonické, křivky zátěží, skutečné napětí
- **Předpověď** eventuálních nebezpečných operací
- **Analýza rizika rezonancí** a potřebné ho kompenzačního výkonu

© EPCOS AG 2009

Návrh aplikace

- Založena na **cílích** a **analýze.** Použitá **technologie** bude mít **základní roli na výkon**
  - **Standardní kompenzační** kondenzátory
  - **Odladěné** banky pro kompenzaci a filtraci harmonických
  - **Dynamická kompenzace pro** rychlé zátěže

© EPCOS AG 2009

Výběr součástí kompenzace

Komponenty musí být vybrána na **základě výběru**

- **Kondenzátory** dle napětí po odladění
- **Reaktory**, dle výkonu a potřebného faktoru odladění
- **Stykače** nebo **tyristorové spínače**
- **Regulátory**, standardní, rychlé nebo hybridní

© EPCOS AG 2009

Návrh rozvaděče

Na základě aplikačního návrhu a výběru komponent je třeba zajistit podmínky pro bezpečnou a spolehlivou práci. Je třeba zajistit:

- **Odvod tepla** (nucená ventilace, vedení tepla)
- **Elektrické ochrany** (zkraty a nadproudy)
- **Limitace nárazového proudu** (stykače, reaktory)
- Obsluha **alarmů** (signalizace, odpojení)

© EPCOS AG 2009

Návrh rozvaděče – elektrické ochrany

- Používejte pojistky typu NH gG dimenzované na 1,6 x In pro každý stupeň.
- Celková ochrana může být v distribučním rozvaděči
- Pokud není, je třeba zajistit jednu celkovou ochranu v rozvaděči kompenzace
- **V případě zvýšených harmonických** použijte vyšší průřezy kabelů
- **Nedovolte přímý styk izolace vodičů s horkými částmi**
- **Uzemněte rozvaděč a zakryjte jeho živé části**

© EPCOS AG 2009

Návrh rozvaděče – elektrické ochrany

- Navrhněte systém tak, aby byl minimální krok 10-15% celkového výkonu. Vyšší citlivost může vést k vyššímu počtu spínání
- Dodávané vybíjecí rezistory jsou určeny pro ochranu člověka proti nebezpečnému dotyku a vybíjení. Pokud jsou instalovány vybíjecí odpory, nastavte vybíjecí dobu **nejméně na 90 sekund.**
- Pro **rychlejší vybíjení** použijte **vybíjecí reaktory**.

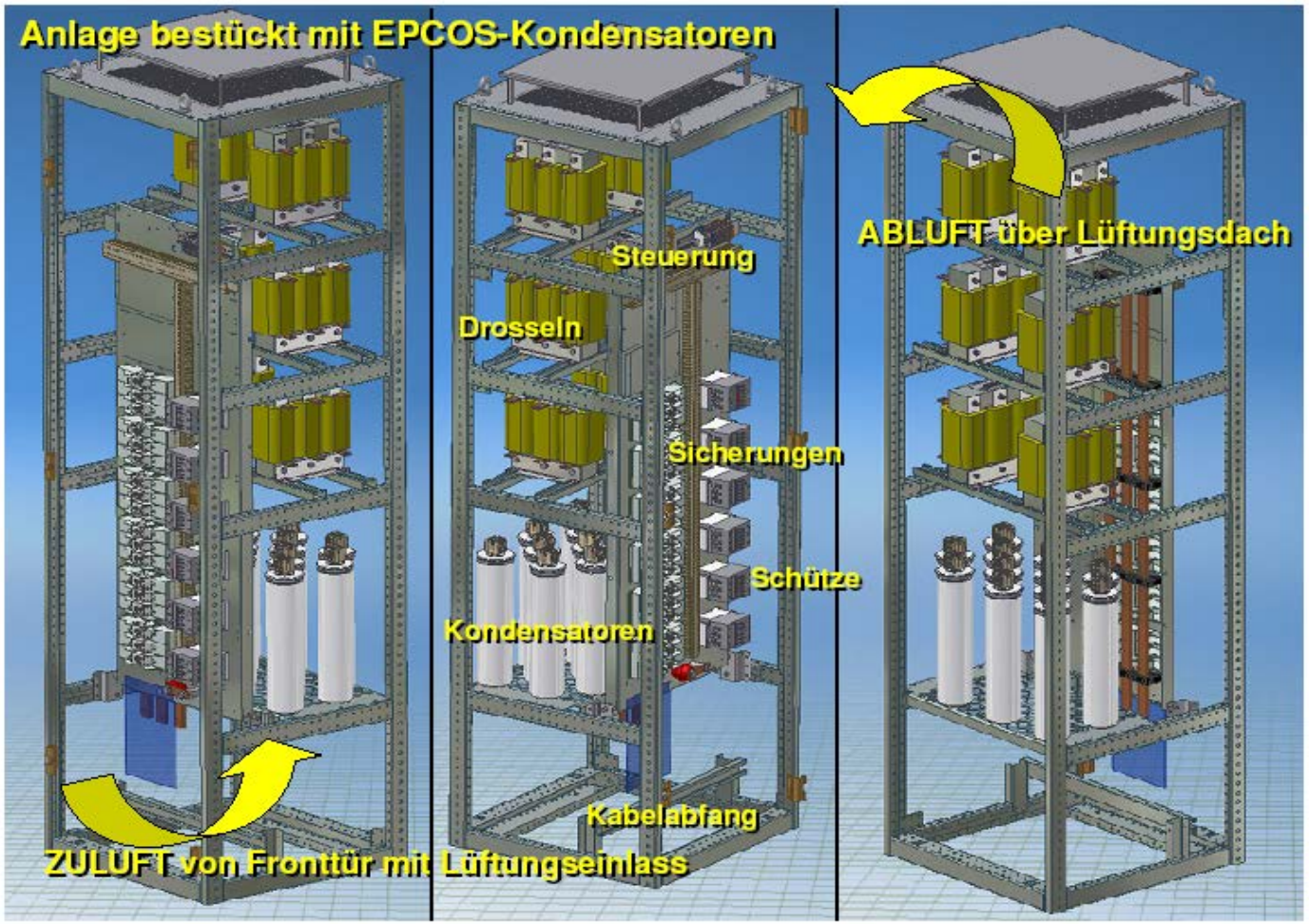
© EPCOS AG 2009

Návrh rozvaděče – doporučená údržba

- Po 2 týdnech provozu dotáhněte všechny šrouby a pak každých 6-12 měsíců.
- **Kontrolujte kapacitu kondenzátoru** pomocí regulátoru nebo měřením proudu. Proudy musí být stejné a vyšší než 90% In. Při nižším proudu vyměňte kondenzátor.
- Při výměně kondenzátoru zkontrolujte i stykač..
- **Ověřte teplotu** a **Složky THD**.

© EPCOS AG 2009

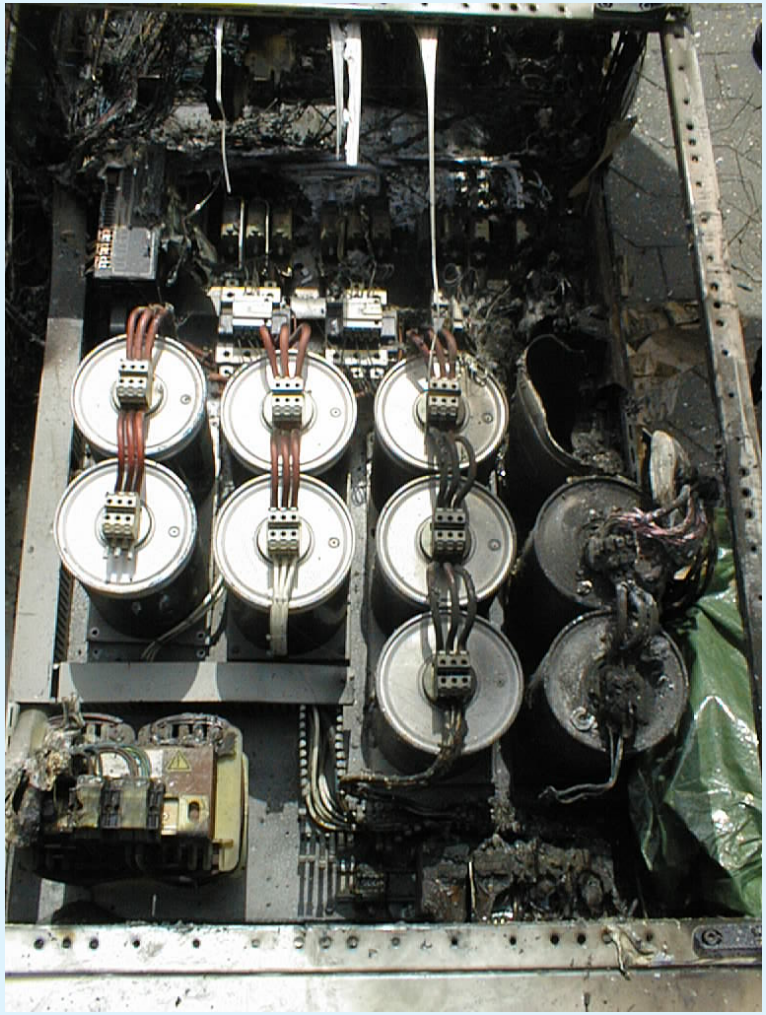
Návrh rozvaděče - klíčový faktor spolehlivosti



© EPCOS AG 2009

Standardní kompenzace – dbejte na celkový proud

Před



Po

© EPCOS AG 2009

Dynamické spínání – dbejte na dostatečné chlazení!

TSM: 18x150W = 2700W

Doporučení: Max 300 kVAr rychlé kompenzace v jednom rozvaděči

© EPCOS AG 2009

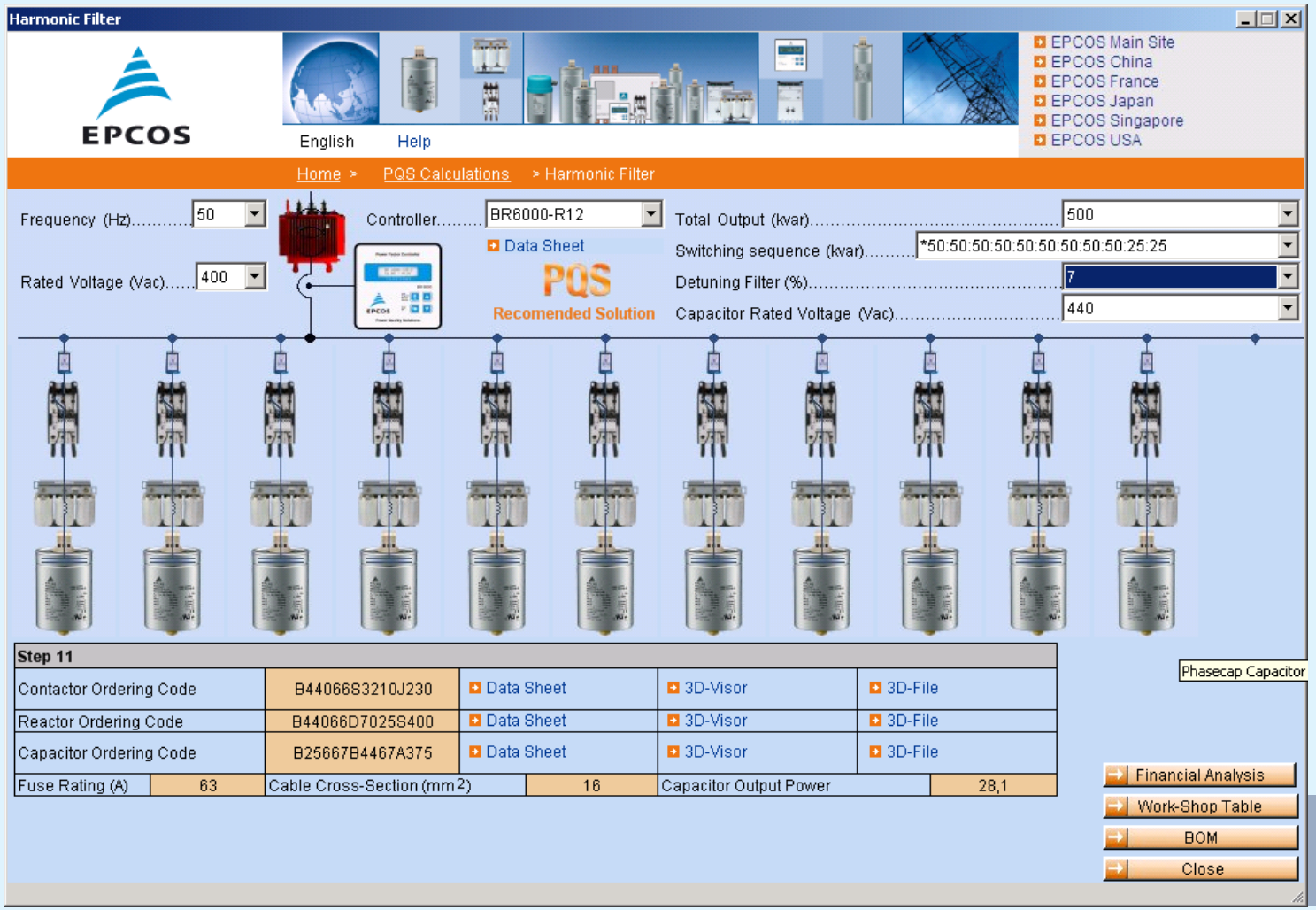
Odladěná kompenzace – dbejte na oteplení

Reaktory ohřívají kondenzátory – špatné rozložení

Reaktory je třeba instalovat co nejdále od kondenzátorů

© EPCOS AG 2009

PQS Software



© EPCOS AG 2009

„elektrické přání“ EPCOS:

Přejeme Vám zdraví o Vysokém napětí

Budoucnost s nízkým odporem,

Úspěch bez harmonických

Životní růst s konstantní frekvencí,

Tržby na jedničkovém účiníku!

© EPCOS AG 2009

PQS

5. Q & A
Otázky a odpovědi

Power Quality Solutions
Řešení Kvality Sítě

Špičkový výkon díky dlouhodobému partnerství

Děkujeme za pozornost!