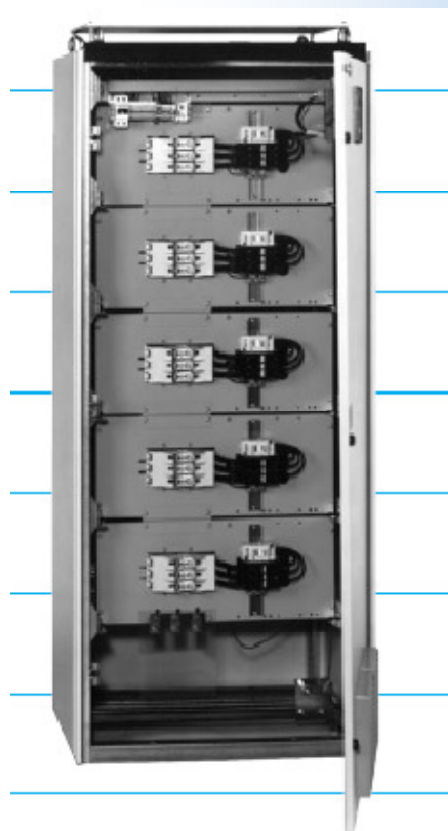


Kvalita elektrickej siete

Správna voľba kompenzačnej jednotky

Flicker



Kontakt



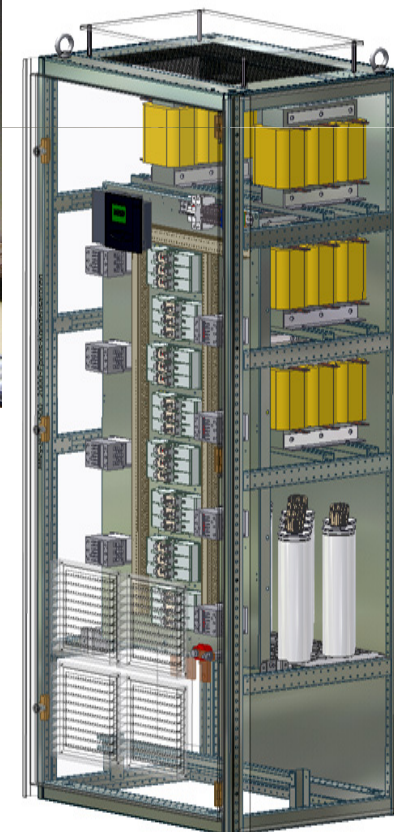
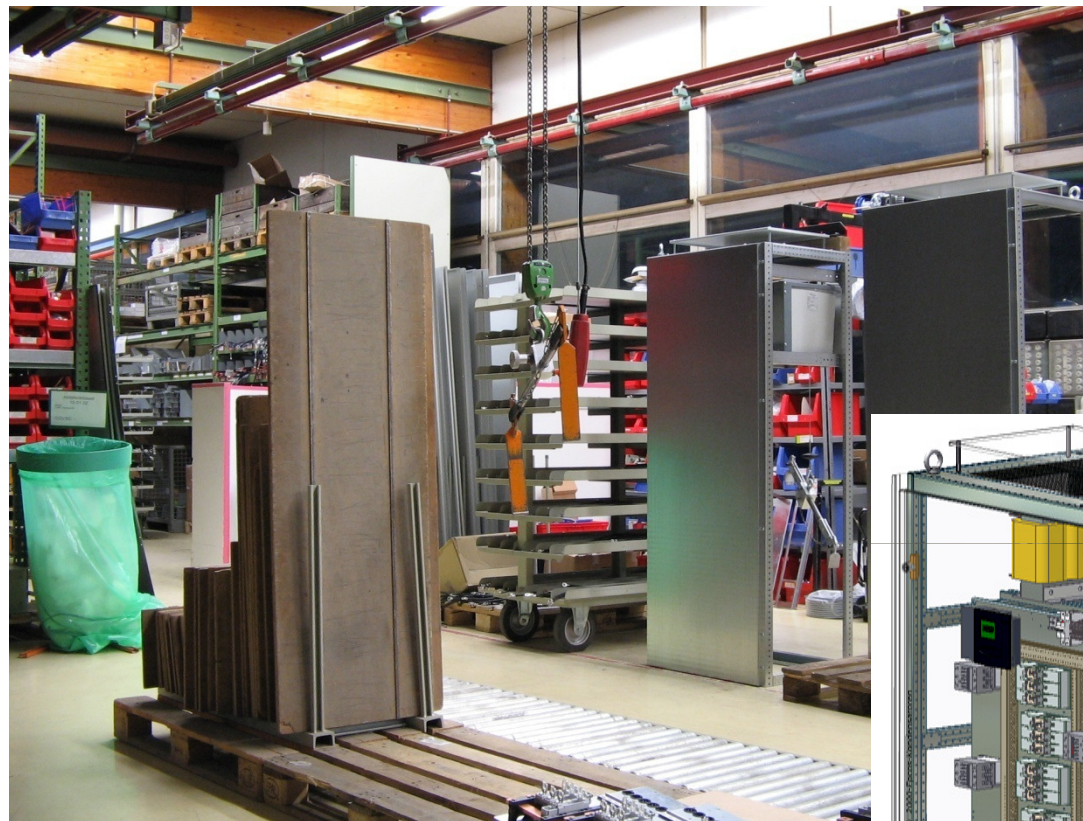
Power Grid, s.r.o.
Peter Gardian

Hviezdoslavova 145/21
SK-017 01 Považská Bystrica

Telefón +421 42 432 2018
Mobil +421 905 214 876

E-Mail
peter.gardian@power-grid.eu

info@power-grid.eu
www.power-grid.eu



- Výkon kompenzácie - modulárne alebo štandardné prevedenie?
- Chránená alebo nechránená kompenzácia?
- Štandardná stýkačová kompenzácia, tyristorové spínače alebo rýchla kompenzácia?
- Hodnota ochranných tlmiviek 5.67% (210 Hz), 7% (189 Hz), 12.5% (141 Hz), 14% (134 Hz), resp. iná hodnota?
- Stačí kompenzácia alebo treba iné zariadenia?

Kompenzačný rozvádzač $\neq$ bežný silový rozvádzač

Životnosť, pravidelný servis, penalizácia za nedokompenzovanie a prekompenzovanie, vplyv na elektrickú sieť

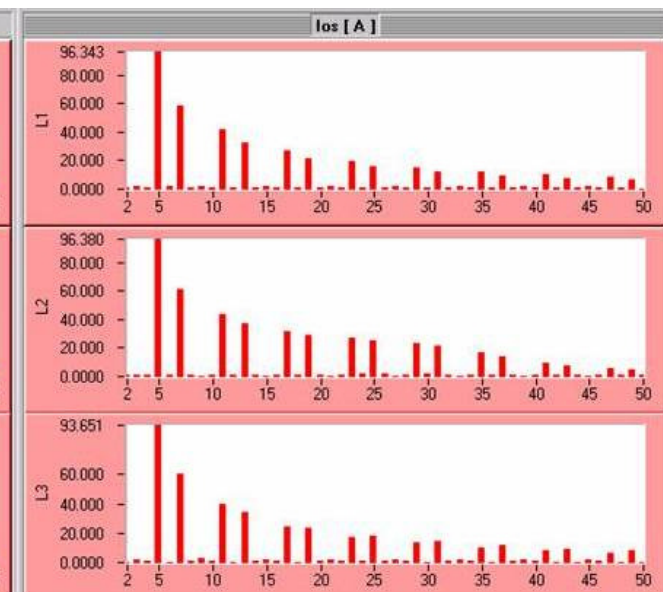
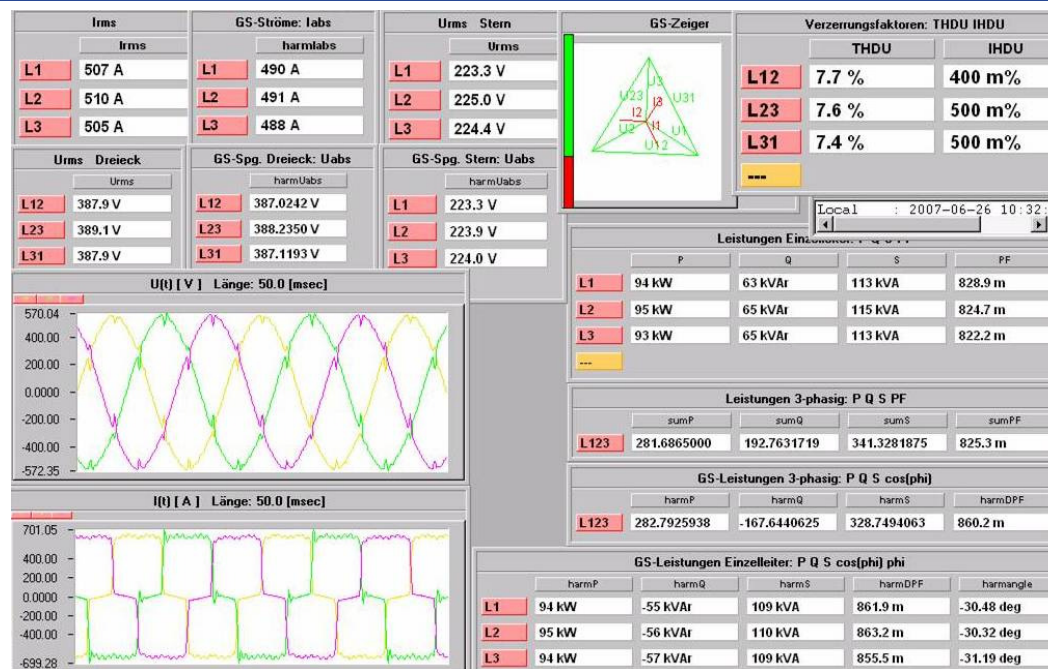
Určenie potrebného výkonu kompenzácie

(nie kompezovanie chodu transformátora na prázdno)



- Informácia od zákazníka (napr. v prípade že rovnaká inštalácia je už niekde použitá – sú praktické skúsenosti)
 - Výpočet podľa inštalovaných spotrebičov **+ 20 %**
 - $\frac{1}{3}$ inštalovaného výkonu transformátora **+ 20 %**
 - Meranie reálneho stavu po inštalácii a dodatočné doplnenie kompenzácie
- + miesto na umiestnenie rozvádzača – mimo hlavného rozvádzača, istený vývod v hlavnom rozvádzači

Analýza elektrickej siete



Istenie Poistka [A]	Prívod Cu prierez [mm ²]
16	4 x 2,5
25	4 x 4
35	4 x 6
50	4 x 10
63	4 x 16
80	3 x 25 / 16
100	3 x 35 / 16
125	3 x 50 / 25
160	3 x 70 / 35
200	3 x 95 / 50
250	3 x 120 / 70
315	3 x 185 / 95
400	2 3 x 95 / 70
500	2 3 x 120 / 70
630	2 3 x 185 / 95
800	2 3 x 240 / 120

Výpočet výkonu



		Cieľová hodnota cos φ										
cos φ	tan φ	0,90	0,91	0,92	0,93	0,94	0,95	0,96	0,97	0,98	0,99	1
		0,48	0,46	0,43	0,40	0,36	0,33	0,29	0,25	0,20	0,14	0
0,40	2,29	1,807	1,836	1,865	1,896	1,928	1,963	2,000	2,041	2,088	2,149	2,291
0,45	1,98	1,500	1,529	1,559	1,589	1,622	1,656	1,693	1,734	1,781	1,842	1,985
0,50	1,73	1,248	1,276	1,306	1,337	1,369	1,403	1,440	1,481	1,529	1,590	1,732
0,52	1,64	1,158	1,187	1,217	1,247	1,280	1,314	1,351	1,392	1,440	1,500	1,643
0,54	1,56	1,074	1,103	1,133	1,163	1,196	1,230	1,267	1,308	1,356	1,416	1,559
0,56	1,48	0,995	1,024	1,053	1,084	1,116	1,151	1,188	1,229	1,276	1,337	1,479
0,58	1,40	0,920	0,949	0,979	1,009	1,042	1,076	1,113	1,154	1,201	1,262	1,405
0,60	1,33	0,849	0,878	0,907	0,938	0,970	1,005	1,042	1,083	1,130	1,191	1,333
0,62	1,27	0,781	0,810	0,839	0,870	0,903	0,937	0,974	1,015	1,062	1,123	1,265
0,64	1,20	0,716	0,745	0,775	0,805	0,838	0,872	0,909	0,950	0,998	1,058	1,201
0,66	1,14	0,654	0,683	0,712	0,743	0,775	0,810	0,847	0,888	0,935	0,996	1,138
0,68	1,08	0,594	0,623	0,652	0,683	0,715	0,750	0,787	0,828	0,875	0,936	1,078
0,70	1,02	0,536	0,565	0,594	0,625	0,657	0,692	0,729	0,770	0,817	0,878	1,020
0,72	0,96	0,480	0,508	0,538	0,569	0,601	0,635	0,672	0,713	0,761	0,821	0,964
0,74	0,91	0,425	0,453	0,483	0,514	0,546	0,580	0,617	0,658	0,706	0,766	0,909
0,76	0,86	0,371	0,400	0,429	0,460	0,492	0,526	0,563	0,605	0,652	0,713	0,855
0,78	0,80	0,318	0,347	0,376	0,407	0,439	0,474	0,511	0,552	0,599	0,660	0,802
0,80	0,75	0,266	0,294	0,324	0,355	0,387	0,421	0,458	0,499	0,547	0,608	0,750
0,81	0,72	0,240	0,268	0,298	0,329	0,361	0,395	0,432	0,473	0,521	0,581	0,724
0,82	0,70	0,214	0,242	0,272	0,303	0,335	0,369	0,406	0,447	0,495	0,556	0,698
0,83	0,67	0,188	0,216	0,246	0,277	0,309	0,343	0,380	0,421	0,469	0,530	0,672
0,84	0,65	0,162	0,190	0,220	0,251	0,283	0,317	0,354	0,395	0,443	0,503	0,646
0,85	0,62	0,135	0,164	0,194	0,225	0,257	0,291	0,328	0,369	0,417	0,477	0,620
0,86	0,59	0,109	0,138	0,167	0,198	0,230	0,265	0,302	0,343	0,390	0,451	0,593
0,87	0,57	0,082	0,111	0,141	0,172	0,204	0,238	0,275	0,316	0,364	0,424	0,567
0,88	0,54	0,055	0,084	0,114	0,145	0,177	0,211	0,248	0,289	0,337	0,397	0,540
0,89	0,51	0,028	0,057	0,086	0,117	0,149	0,184	0,221	0,262	0,309	0,370	0,512
0,90	0,48	0	0,029	0,058	0,089	0,121	0,156	0,193	0,234	0,281	0,342	0,484
0,91	0,46	-	0	0,030	0,060	0,093	0,127	0,164	0,205	0,253	0,313	0,456
0,92	0,43	-	-	0	0,031	0,063	0,097	0,134	0,175	0,223	0,283	0,426
0,93	0,40	-	-	-	0	0,032	0,067	0,104	0,145	0,192	0,253	0,395

$$Q_C = k \times P \text{ [kVAr]}$$

Príklad:

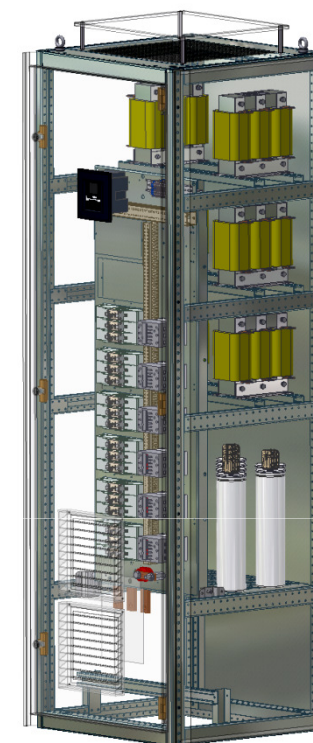
motor P = 250 kW

aktuálny cos phi= 0,8 (údaj od výrobcu alebo z merania)

cieľový cos jphi= 0,95

z tabuľky: k = 0,421 => $Q_C = 250 \text{ kW} \times 0,421 \text{ kVAr/kW} = 105 \text{ kVAr}$

Nominálny výkon [kVAr]	Stupne	Popis	Istenie [A]	Rozmery š x h x v [mm]	Hmotnosť [kg]
Základné jednotky s regulátorom, tlmenie 7%					
137,5	11x12,5	CDXR-400/50-11x12,5-L070	315	640 x 651 x 2084	255
187,5	15x12,5	CDXR-400/50-15x12,5-L070	400	640 x 651 x 2084	300
237,5	19x12,5	CDXR-400/50-19x12,5-L070	500	640 x 651 x 2084	345
287,5	23x12,5	CDXR-400/50-23x12,5-L070	630	840 x 651 x 2084	405
125	5x25	CDXR-400/50-5x25-L070	250	640 x 651 x 2084	235
150	6x25	CDXR-400/50-6x25-L070	315	640 x 651 x 2084	260
175	7x25	CDXR-400/50-7x25-L070	400	640 x 651 x 2084	280
200	8x25	CDXR-400/50-8x25-L070	400	640 x 651 x 2084	305
225	9x25	CDXR-400/50-9x25-L070	500	640 x 651 x 2084	325
250	10x25	CDXR-400/50-10x25-L070	500	640 x 651 x 2084	350
275	11x25	CDXR-400/50-11x25-L070	630	640 x 651 x 2084	370
300	12x25	CDXR-400/50-12x25-L070	630	840 x 651 x 2084	410
325	13x25	CDXR-400/50-13x25-L070	630	840 x 651 x 2084	425
350	14x25	CDXR-400/50-14x25-L070	800	840 x 651 x 2084	450
375	15x25	CDXR-400/50-15x25-L070	800	840 x 651 x 2084	470
150	3x50	CDXR-400/50-3x50-L070	315	640 x 651 x 2084	255
200	4x50	CDXR-400/50-4x50-L070	400	640 x 651 x 2084	300
250	5x50	CDXR-400/50-5x50-L070	500	640 x 651 x 2084	345
300	6x50	CDXR-400/50-6x50-L070	630	640 x 651 x 2084	385
350	7x50	CDXR-400/50-7x50-L070	800	840 x 651 x 2084	445
400	8x50	CDXR-400/50-8x50-L070	800	840 x 651 x 2084	490



IP20

regulátor ABB RVC

možnosť rozširovania jednotiek pridaním rozširujúcej jednotky bez regulátora

v jednotke CDXR použité kondenzátory EPCOS

v jednotke CLMX použité kondenzátory CLMD

možnosť montáže do 600mm a 800mm širokej skrine
pripojenie z doľa, alternatívne z hora

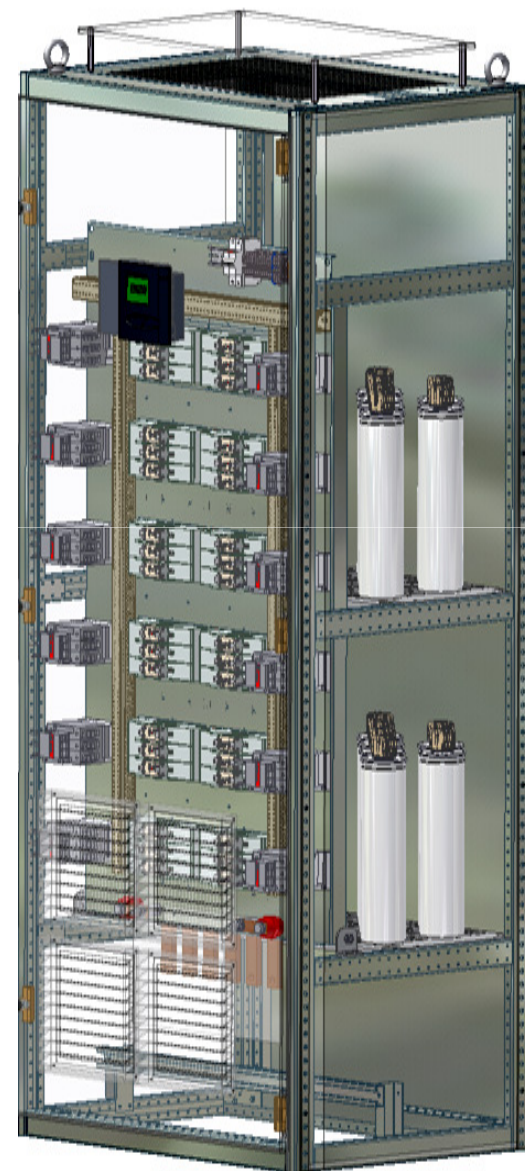
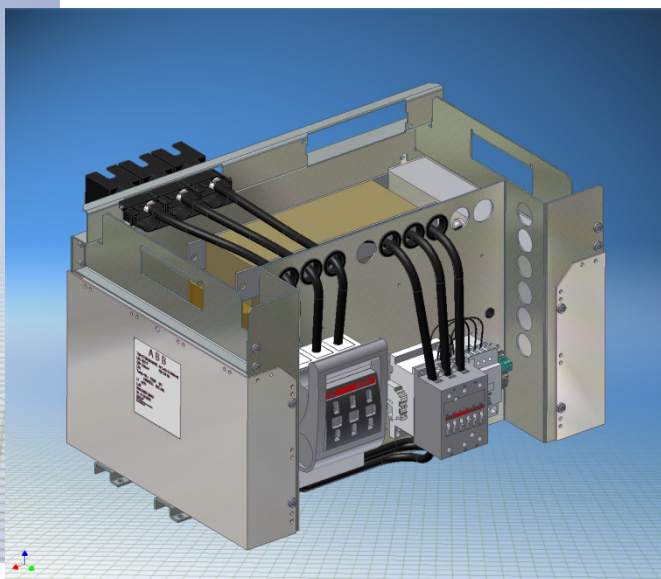
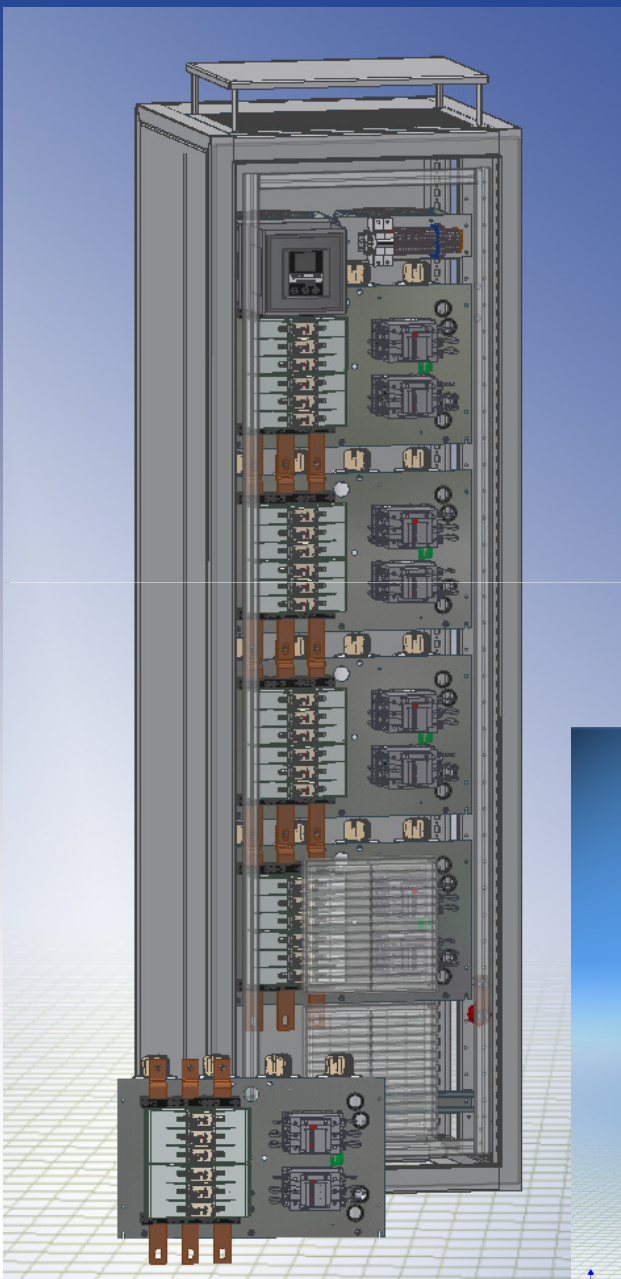
stýkače ABB

menovité napätie 400V / 50 Hz (iné napätia na požiadanie)

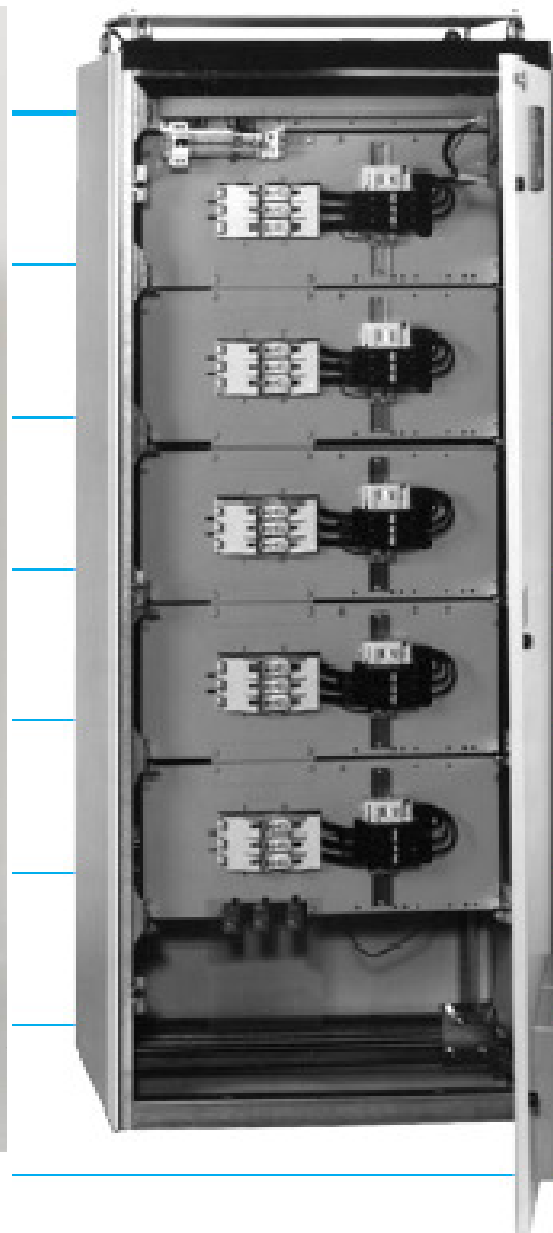
tlmenie 7%, 12.5% (iné tlmenia na požiadanie)

Modulárna kompenzácia vs. „štandardná“

400 kVAr
kompenzácia
s tlmením 7%
umiestnená v skrini
640x651x2084 mm
(ŠxHxV) má
hmotnosť 460 kg

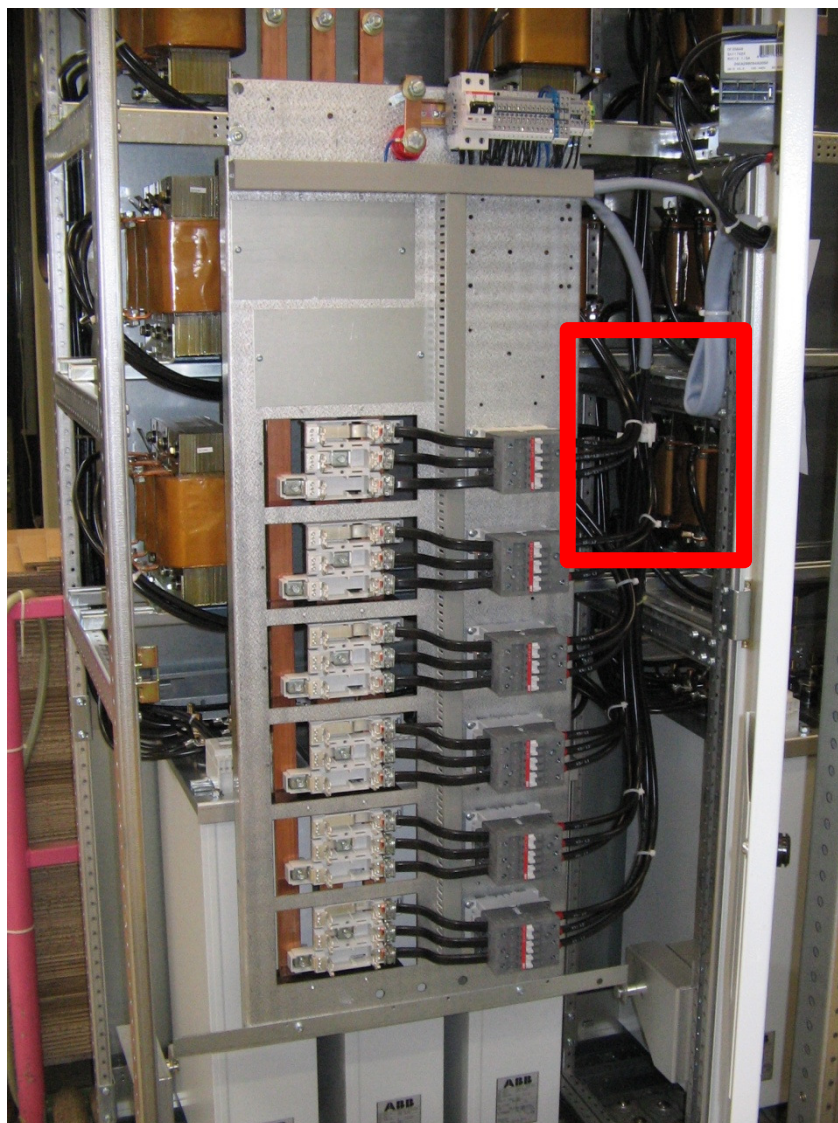


Modulárna kompenzácia vs. „štandardná“



+ modulárnej:
Servis
Inštalácia

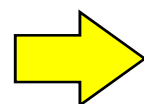
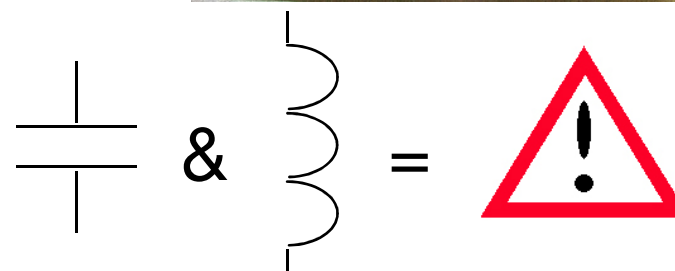
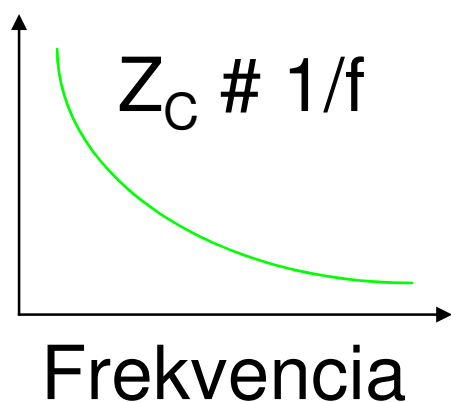
-Modulárnej
Životnosť
Nižší výkon



konektor na pripojenie
rozširujúcej jednotky
(signály regulátora a napájanie)

■ Problémy s kompenzačnými kondenzátormi

- Znižovania impedancie s frekvenciou
- Rezonančné problémy



Peret'áženie kondenzátora

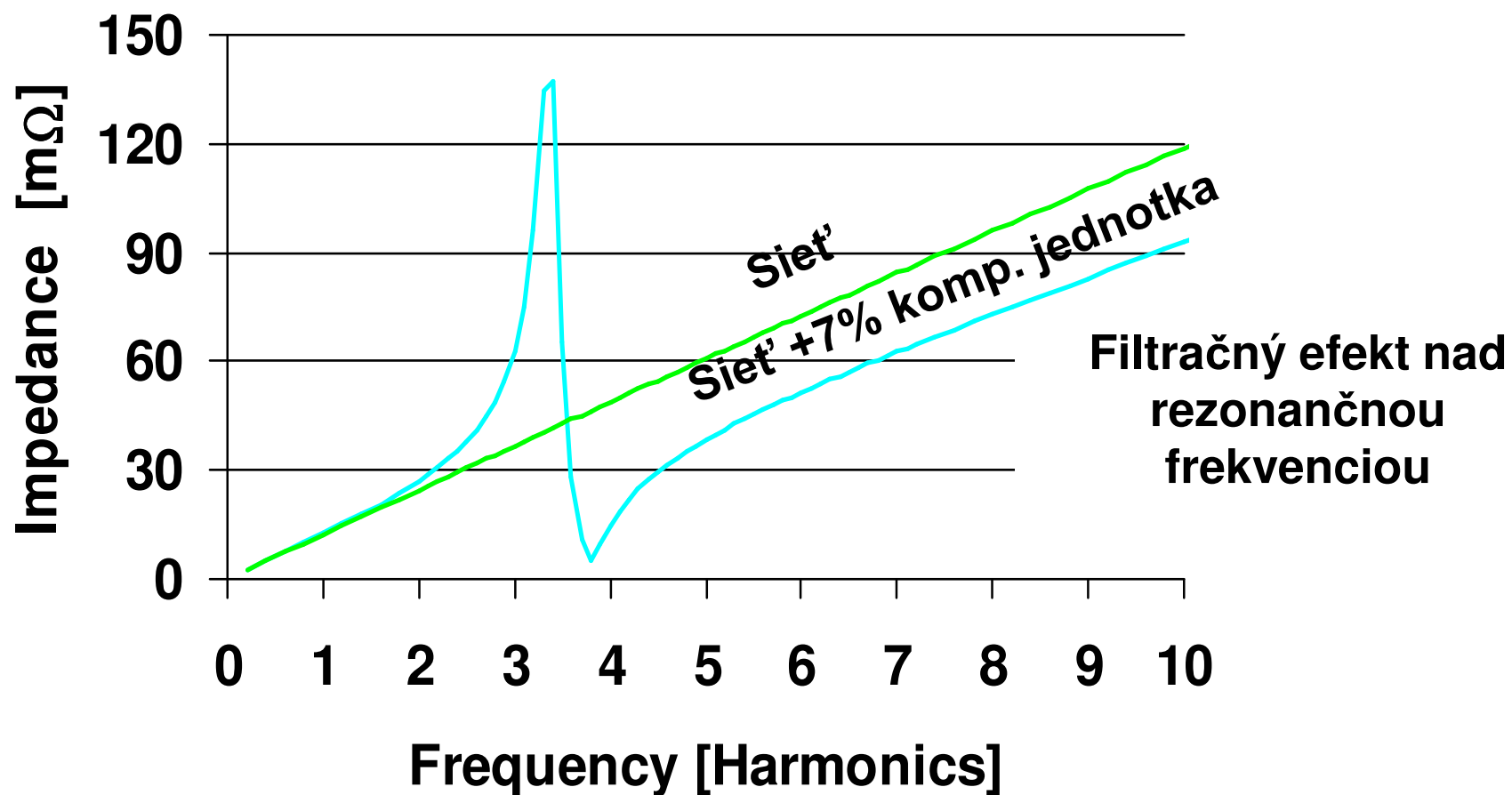
Vyššie harmonické



Losses / Ztráty	dielectric / dielektrika: total / celkové:	$\tan \delta$ $\tan \delta_n$	cca 0,25 W/kvar cca 0,5 W/kvar
Statistical life expectancy / Předpokládaná životnost:			> 115 000 hours / > 115 000 hodin

THD-U [%]	Opatření
< 2	Kondenzátory na jmenovité napětí bez problémů
$\geq 2 < 3,5$	Kondenzátory na vyšší jmenovité napětí (pro 400 V síť $U_N = 440$ V)
$\geq 3,5 < 5$	Zatlumené provedení, hrazení pod dominantní frekvenci (např. 189 Hz)
≥ 5	Ostrý filtr na dominantní frekvenci (např. 5., 7., 11. harmonická)

- Tepelné straty chránenej kompenzácie s 7% tlmivkou sú ~ 5.14W/kvar



Typické hodnoty ochranných tlmiviek

- Príklad: 7% tlmivka :
naladená na 189 Hz
→ pre systémy s dominantnou 5-tou harmonickou -
NIE „kancelárske“ budovy!!!
- Príklad: 14% tlmivka :
naladená na 134 Hz
→ pre systémy s dominantnou 3-tou harmonickou
- Dalšie bežné hodnoty tlmiviek: **5.67%, 6%, 12.5%**
- Tlmivka v chránenej jednotke je kvôli ochrane kompenzačných kondenzátorov a nie kvôli filtrovaniu vyšších harmonických zo siete

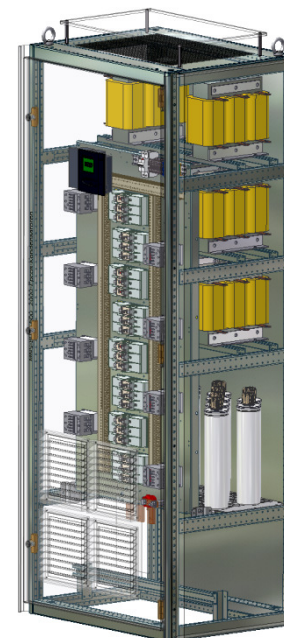
HDO

Cenové porovnanie 600 kvar nechránená/7%/12.5%

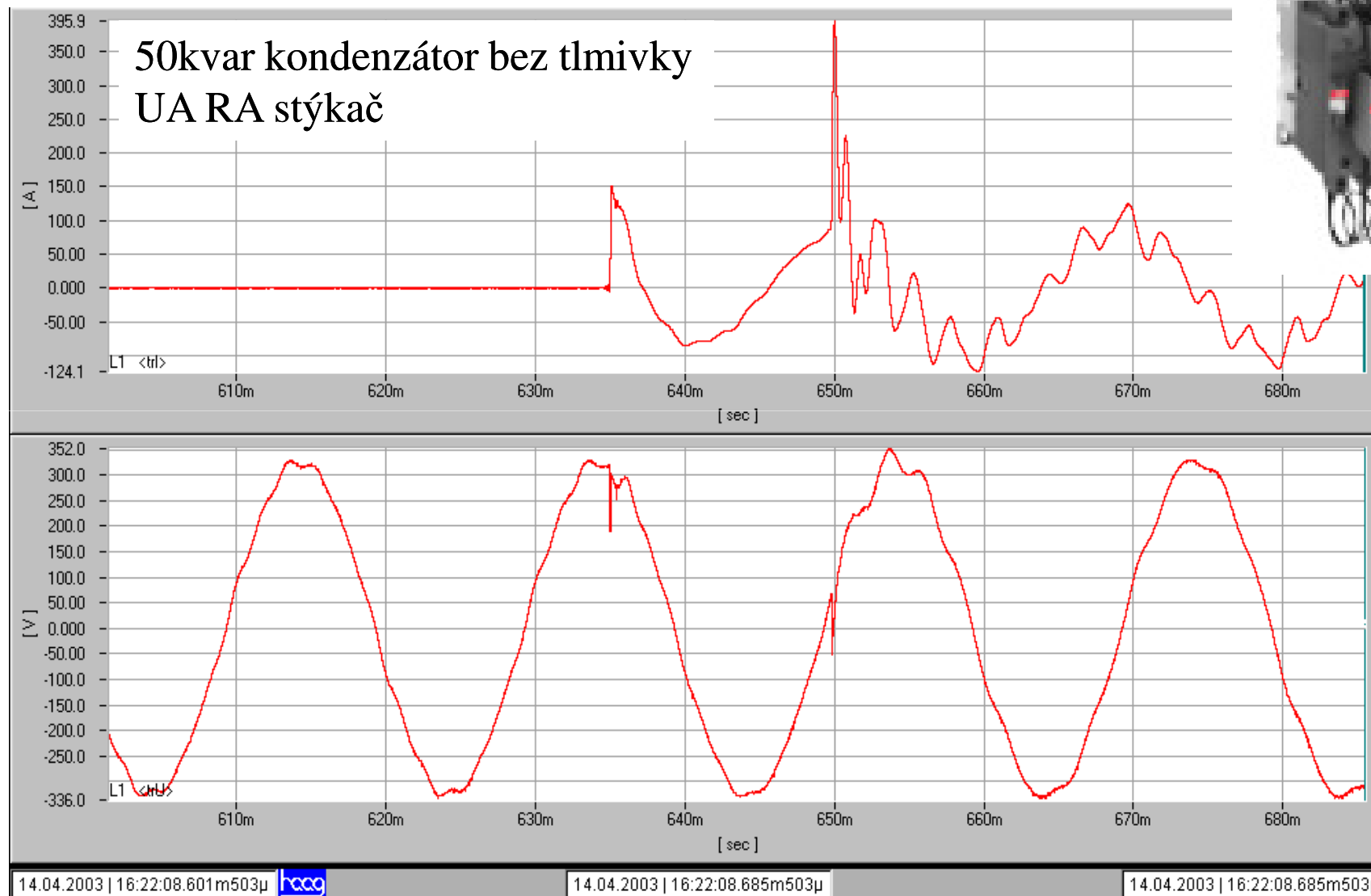
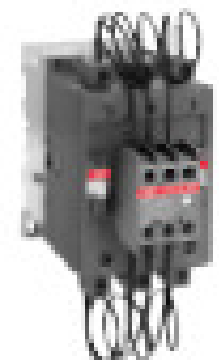


- CDXR - 400/50 - 12 x 50 155.000 Skk
- CDXR - 400/50 - 12 x 50 - L070 280.000 Skk
- CDXR - 400/50 - 12 x 50 - L125 305.000 Skk

- IP20
- regulátor Novar
- možnosť rozširovania jednotiek pridaním rozširujúcej jednotky bez regulátora
- použité kondenzátory EPCOS
- možnosť montáže do 600mm a 800mm širokej skrine
- pripojenie z dola, alternatívne z hora
- stýkače Schneider
- menovité napätie 400V / 50 Hz
- tlmenie 5.67%, 7%, 12.5%, 14%
- RAL 7035
- rozmer skrine 640 x 651 x 2084 resp. 840 x 651 x 2084 (š x h x v)

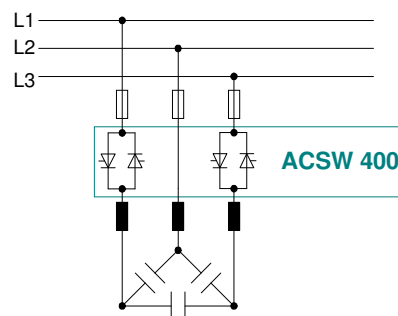
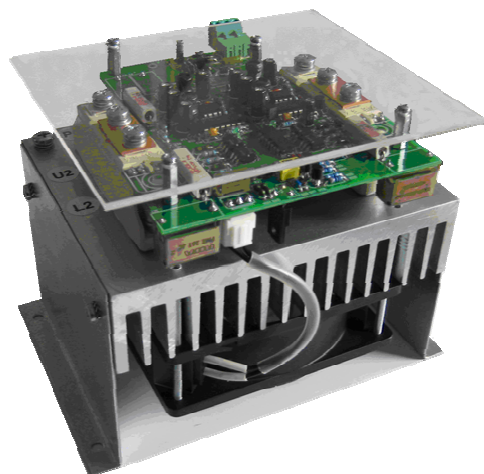
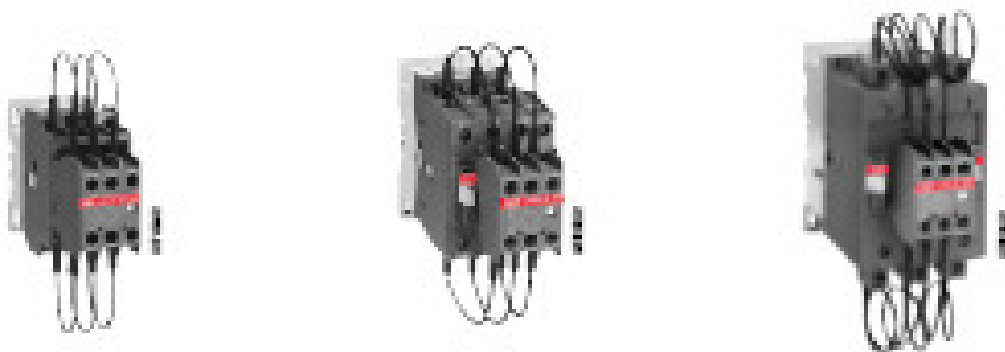


Stýkač alebo tyristorový spínač



Stýkač alebo tyristorový spínač

Their electrical durability is 250 000 operating cycles for $U_o < 500$ V and 100 000 operating cycles for $U_o \geq 500$ V.

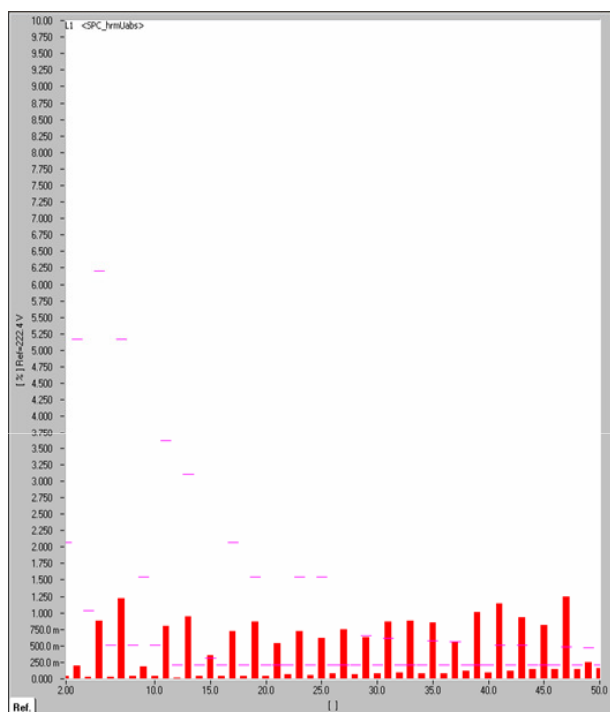


eliminuje prechodové javy vznikajúce pri spínaní kondenzátorov

- má niekoľkonásobne vyššiu životnosť

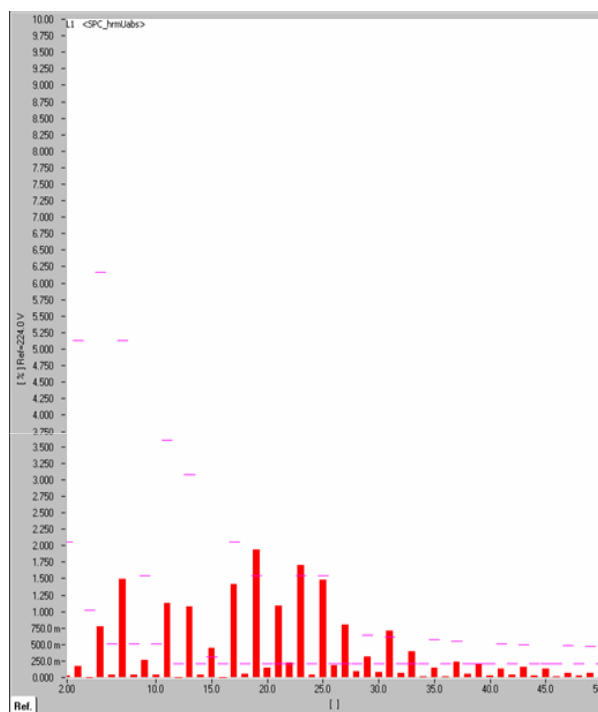
- rýchlosť spínania je obmedzená len časom potrebným na vybitie kondenzátorov

Harmonické napätia do 50tej harmonickej



Without filter

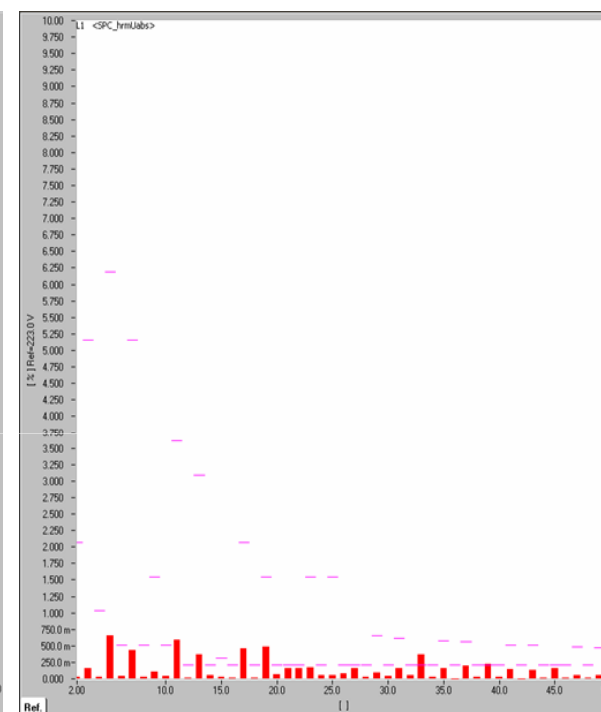
Sharp commutation



With capacitor

No sharp commutation

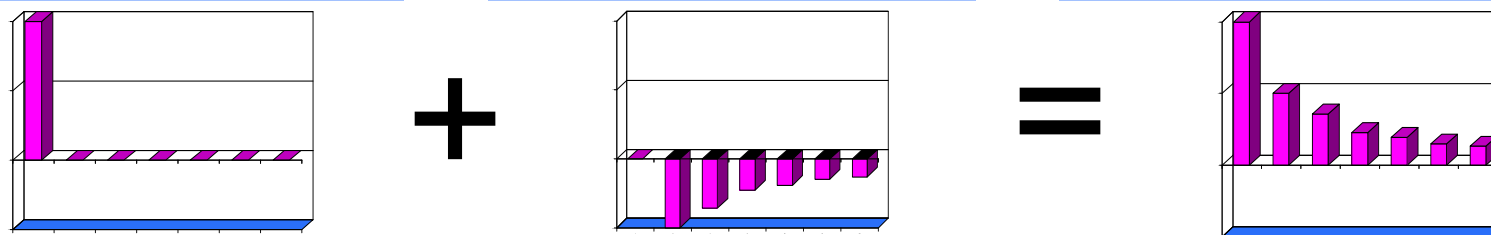
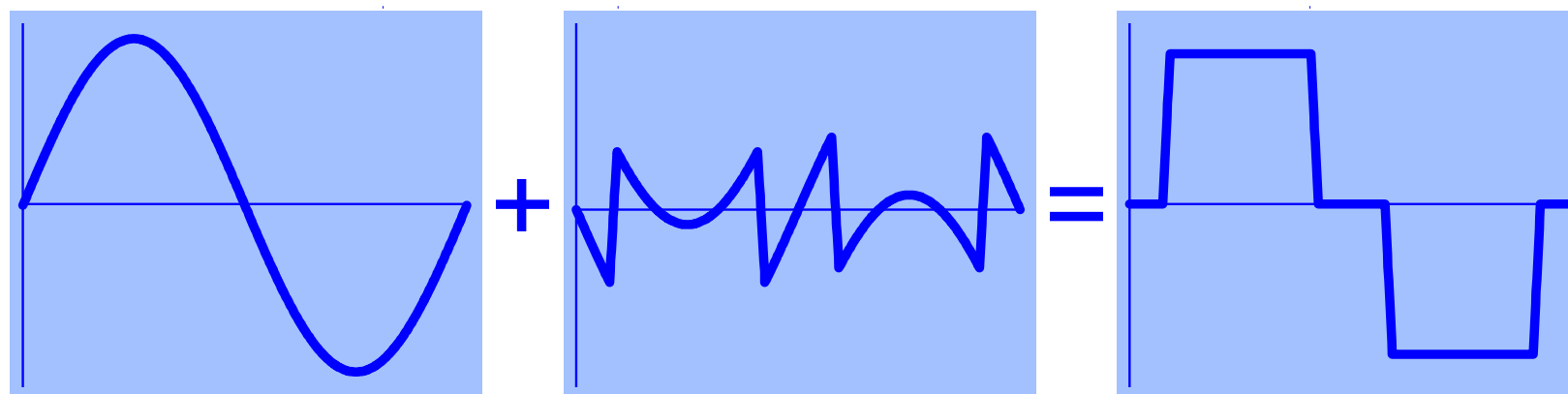
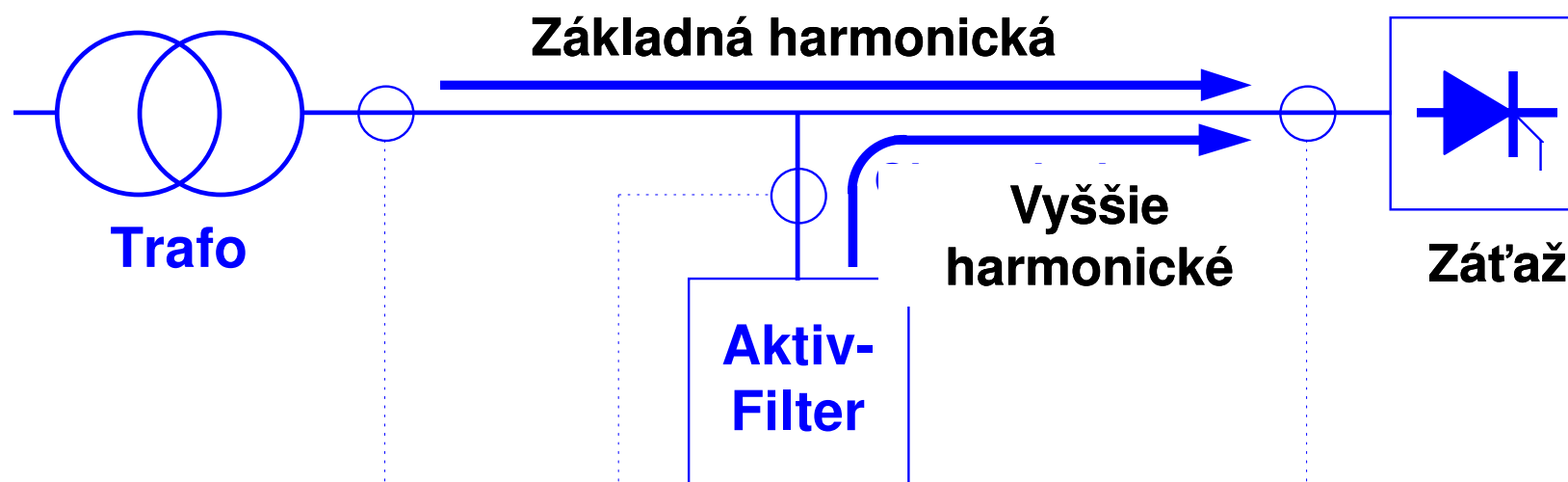
High harmonic load

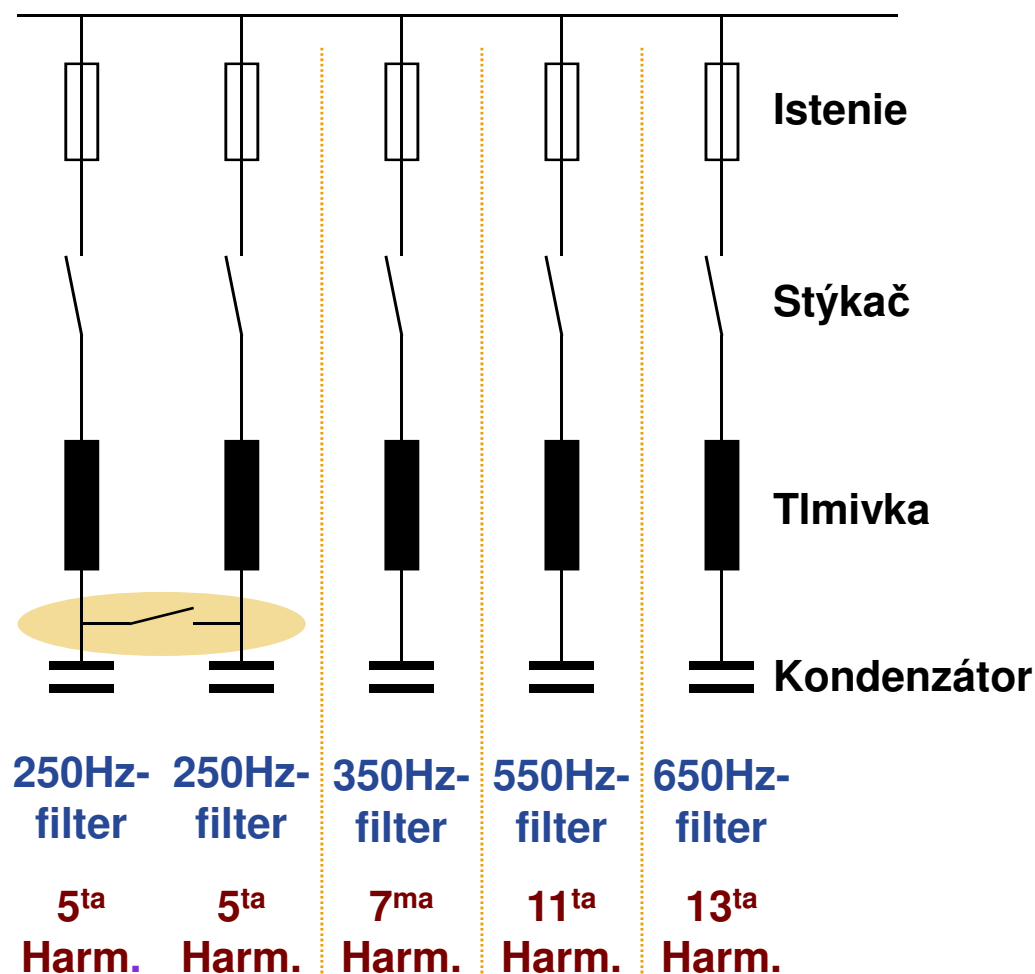


With capacitor &
active filter

Clean voltage

Princíp aktívneho filtra





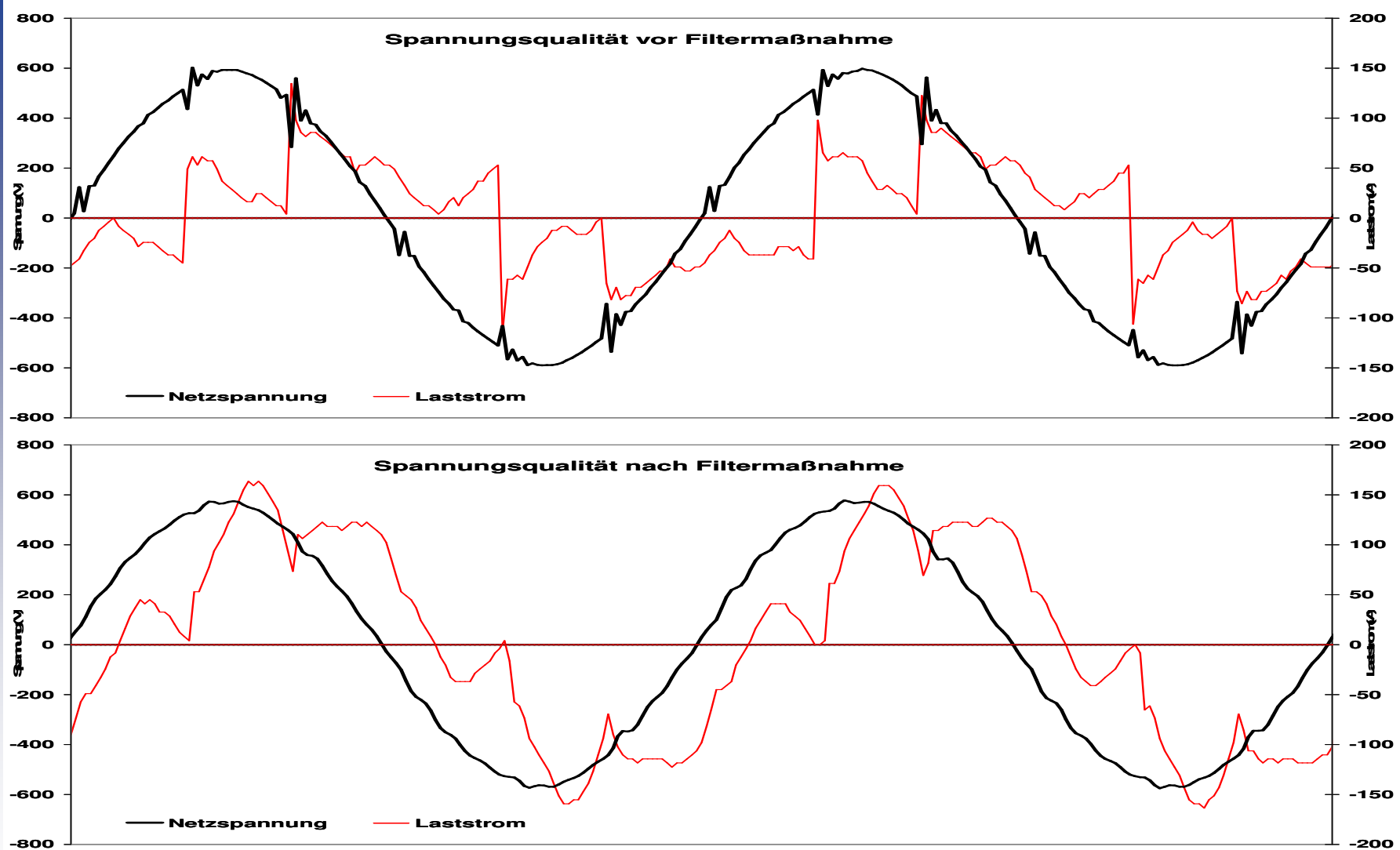
Pasívny filter pozostáva z viacerých filtračných obvodov

Može obsahovať viacero rovnakých filtračných obvodov

O kvalite filtra rozhoduje kvalita použitých komponentov

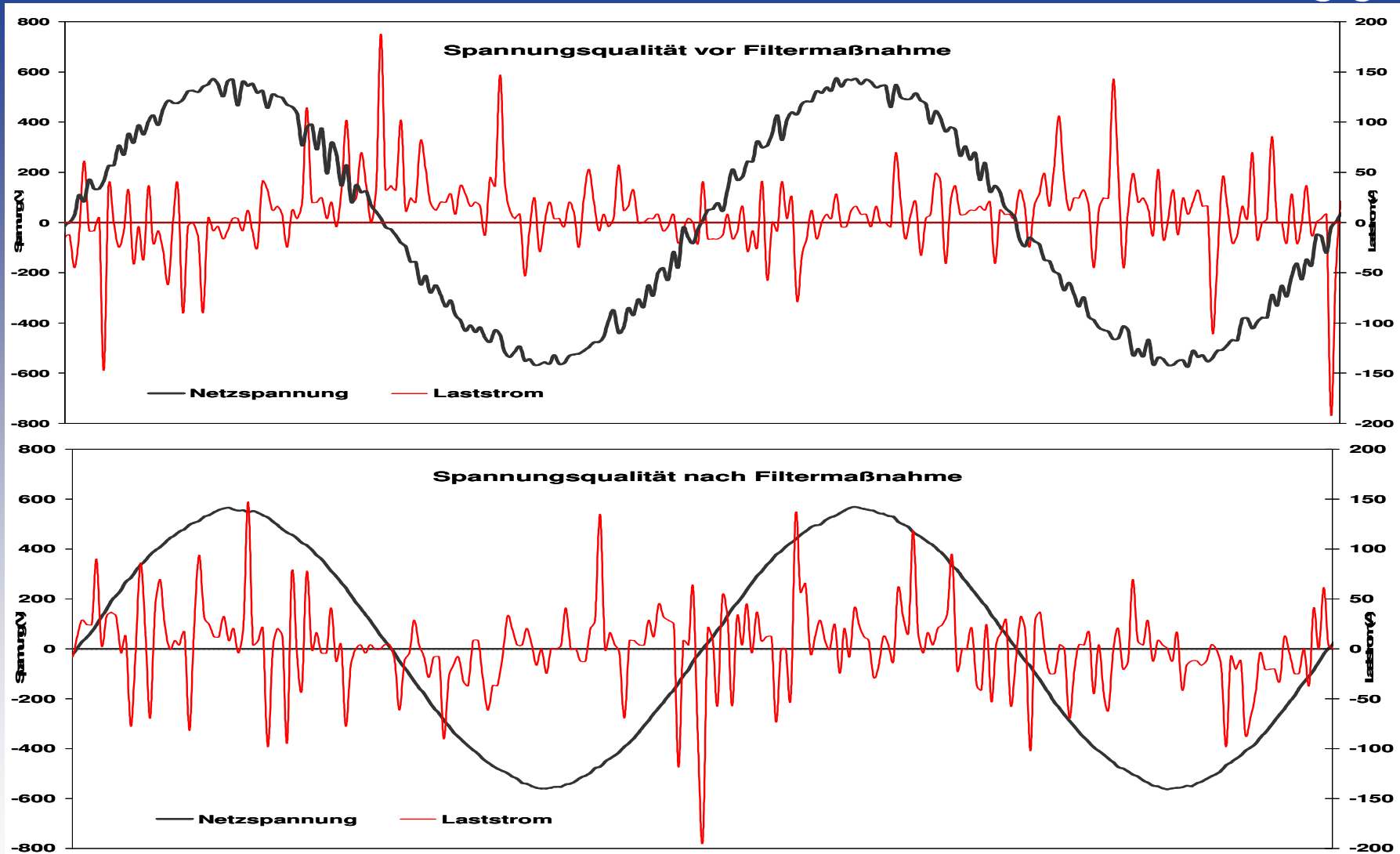
Filtračný účinok závisí od parametrov elektrickej siete

Špeciálne filtre - filter komutačných špičiek



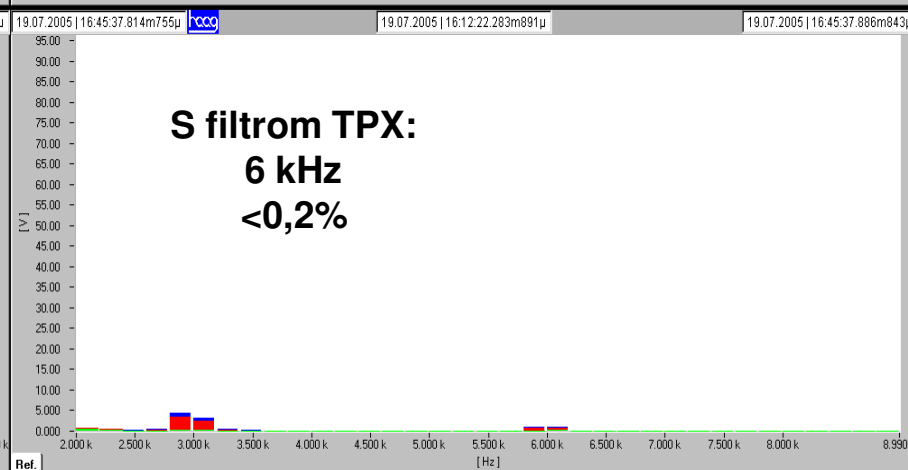
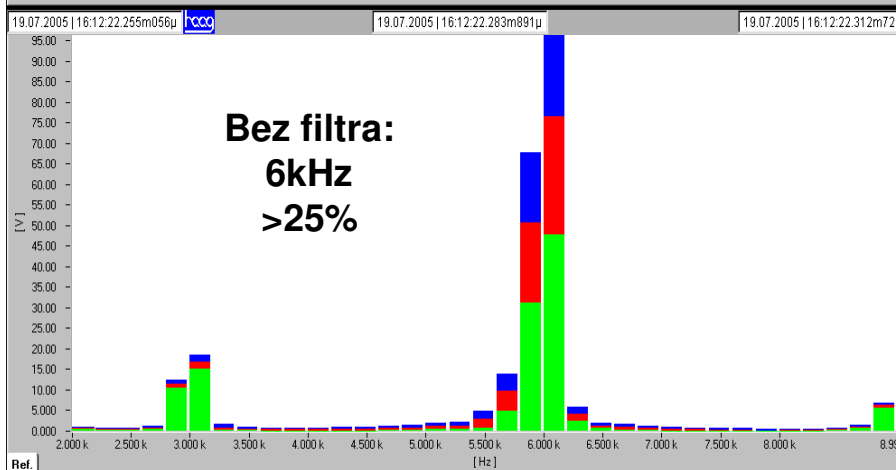
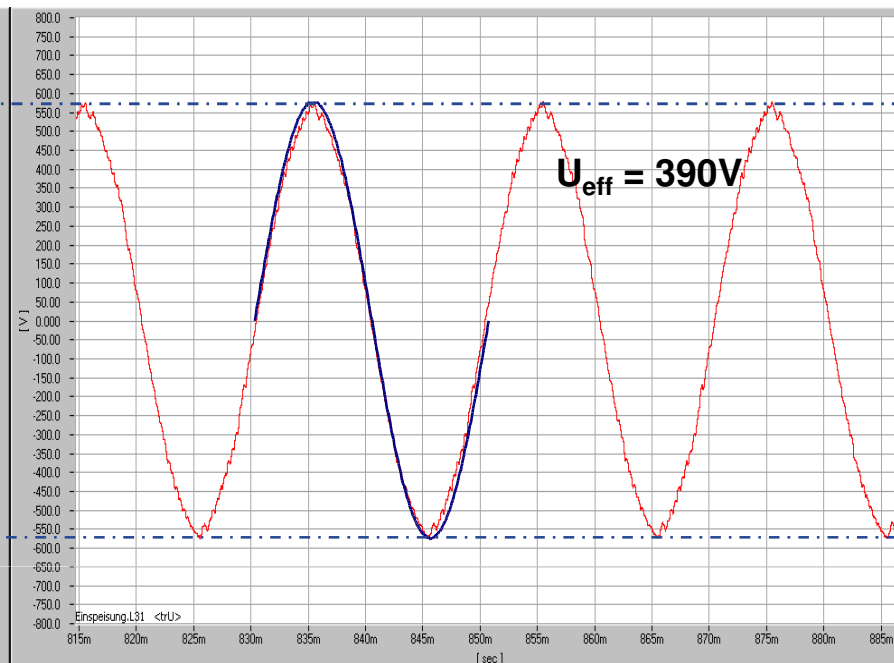
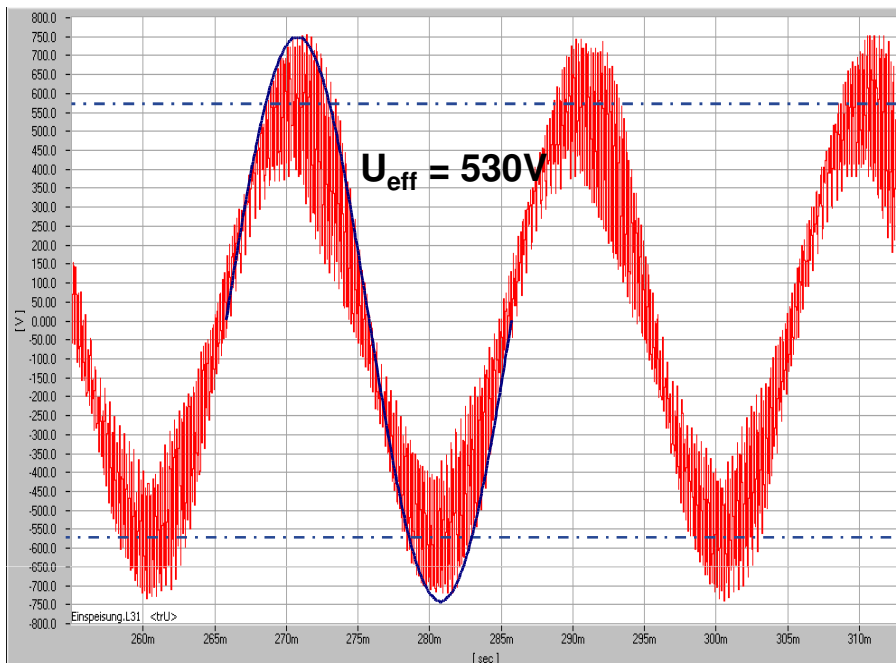
CNC-stroje

Špeciálne filtre - filter komutačných špičiek



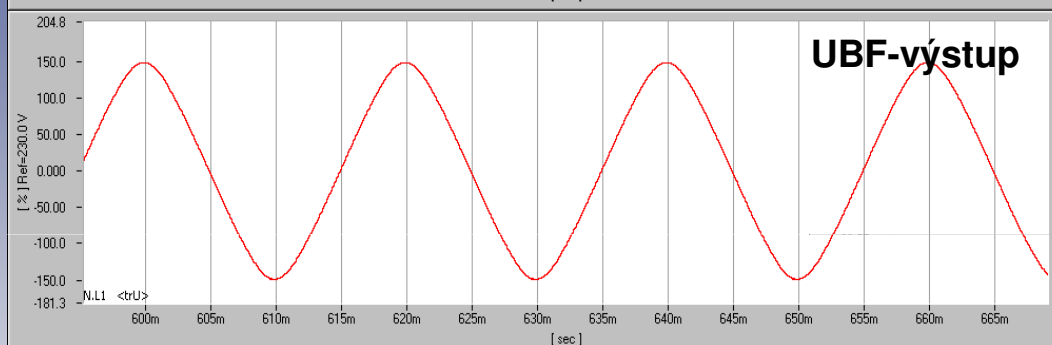
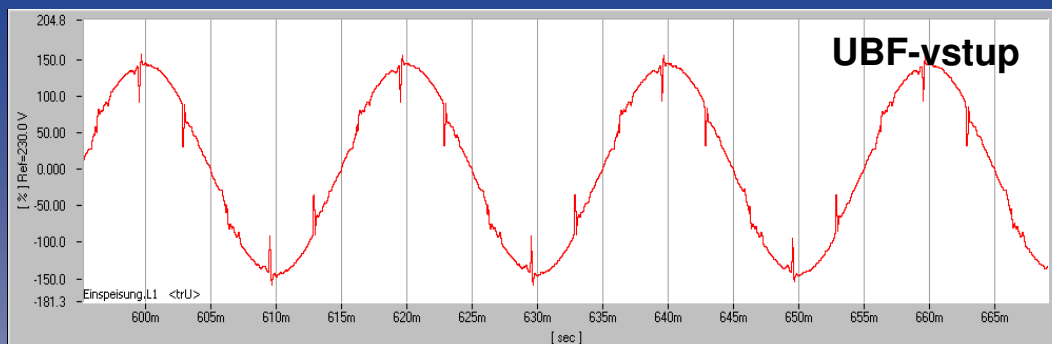
Servopohony

Filter radiacich signálov

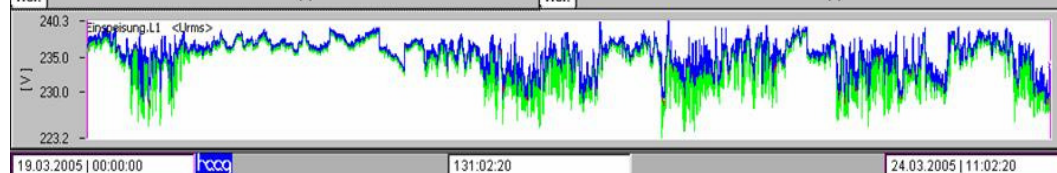
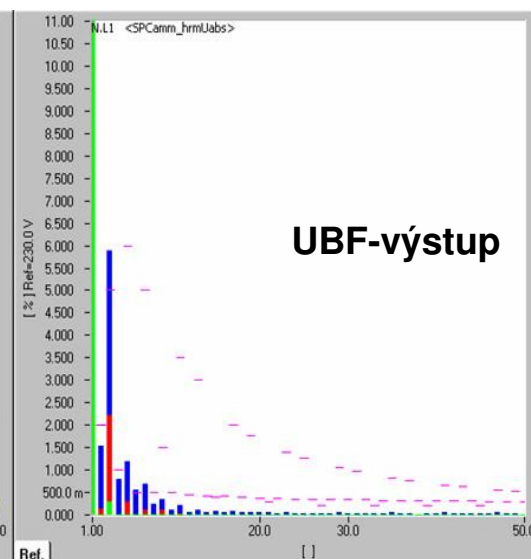
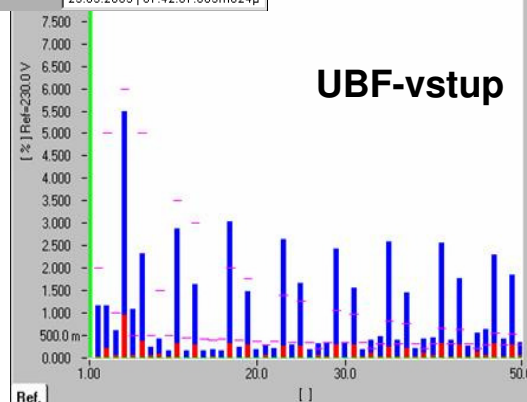


IGBT-menič s 6kHz-riadiacim signálom

Širokopásmový filter



23.03.2005 | 07:42:07.595m315µ | 23.03.2005 | 07:42:07.632m169µ | 23.03.2005 | 07:42:07.669m024µ





Impedancia sítě, velký činný / jalový výkon

$$A_f = 2,3 \cdot (\Delta U \cdot F)^3 \cdot R$$

A_f : Flicker Factor

2,3 : Constant

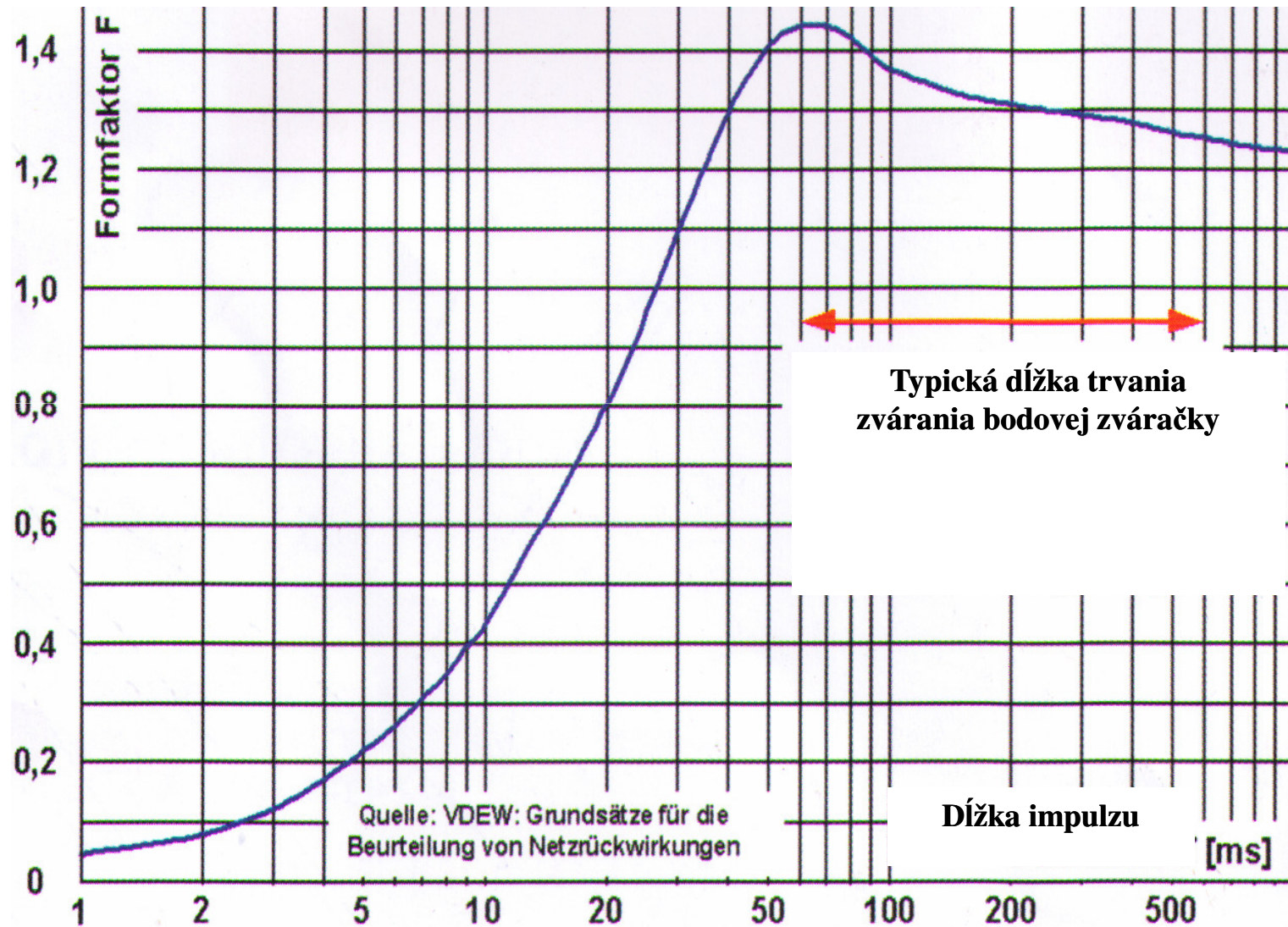
ΔU : Voltage drop [%]

F : Formfactor (depending on load)

R : Frequency of occurrence [s^{-1}] (Cycletime)

**Flicker-Compensation is targeting
delta U**

Tvarový faktor pre pravouhlé impulzy v závislosti na dĺžke trvania impulzu



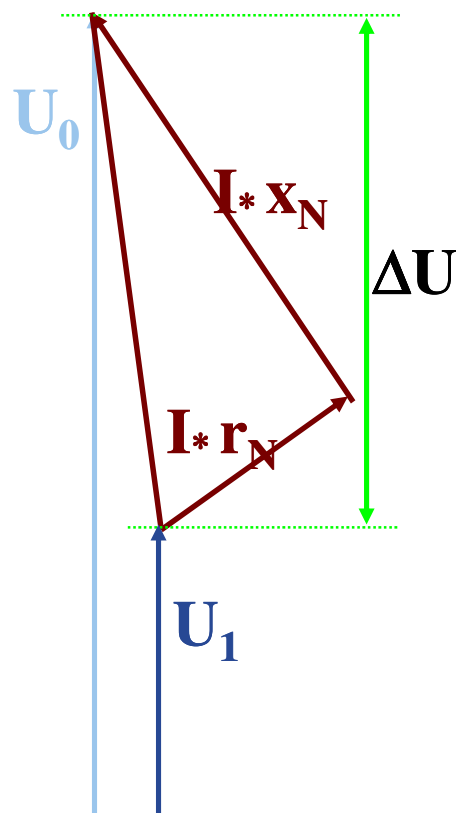
	A_{st}	A_{lt}	ΔU_{max}
Allowed flicker level (total)			
LV-level	1,0	0,4	
MV-level	0,75	0,3	
HV-level	0,5	0,2	
Allowed flicker level (per customer)			
LV-level	0,2	0,05	3%
MV-level	0,2	0,05	2%
HV-level	0,2	0,05	2%

If the total flicker level is no exceeded the utility can allow one customer to exceed the individual level (e.g. A_{st} 0,5 bzw. A_{lt} 0,2).

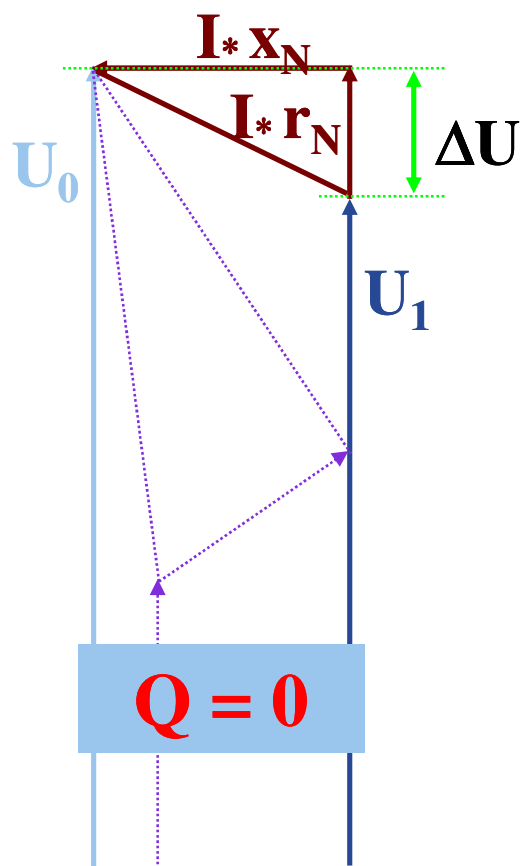
International P_{st} and P_{lt} instead of A_{st}
and A_{lt} . : $P^3 = A$

A_{st} , P_{st} : Short time (10min)
 A_{lt} , P_{lt} : Long time (2h)

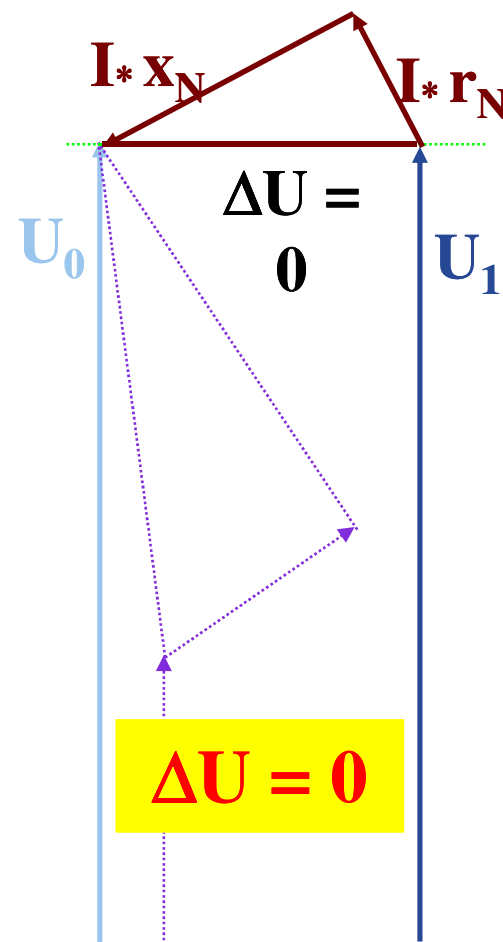
Bez kompenzácie



Bežná kompenzácia účinníka



Flicker-kompenzácia



2-fázová záťaž:

$$\Delta U \approx 100 \cdot \sqrt{3} \cdot S_A / S_K \cdot \cos(\psi - \varphi \pm 30^\circ)$$

3-fázová záťaž:

$$\Delta U \approx 100 \cdot S_A / S_K \cdot \cos(\psi - \varphi)$$

ΔU : zmena napätia [%]

S_A : zdanlivý výkon záťaže [MVA]

S_K : skratový výkon [MVA]

ψ : fázový uhol impedancií siete ($\Rightarrow \tan \psi = X_N / R_N$)

φ : fázový uhol záťaže ($\Rightarrow \tan \varphi = Q_A / P_A$)

2-fázová záťaž a tiež iné nevyvážené záťaže potrebujú tiež symetrizáciu

Sieť: $S_K = 118 \text{ MVA}$ (VN úroveň)
 $\tan \psi = 1,46 \Rightarrow \psi = 55,6^\circ$

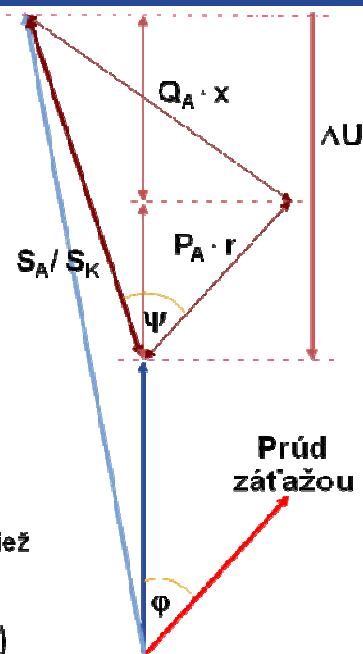
Záťaž: $S_L = 1200 \text{ kVA}$ (= 1,2 MVA)
 $\cos \varphi = 0,60 \Rightarrow \varphi = 53,1^\circ$
 $T = 200 \text{ ms} \Rightarrow F = 1,32 \text{ (z grafu)}$
 $f = 30 \text{ min}^{-1} \Rightarrow f = 0,5 \text{ s}^{-1}$

$$\begin{aligned} \Delta U &= 100 \cdot S_L / S_K \cdot \cos(\psi - \varphi) \\ &= 100 \cdot 1,2 / 118 \cdot \cos(55,6^\circ - 53,1^\circ) \\ &= 1,016\% \end{aligned}$$

maximálne dovolené 2%

$$\begin{aligned} A_f &= 2,3 \cdot (\Delta U \cdot F)^3 \cdot f \\ &= 2,3 \cdot (1,016 \cdot 1,32)^3 \cdot 0,5 \\ &= 2,774 \end{aligned}$$

maximálne dovolené 0,05 !!!

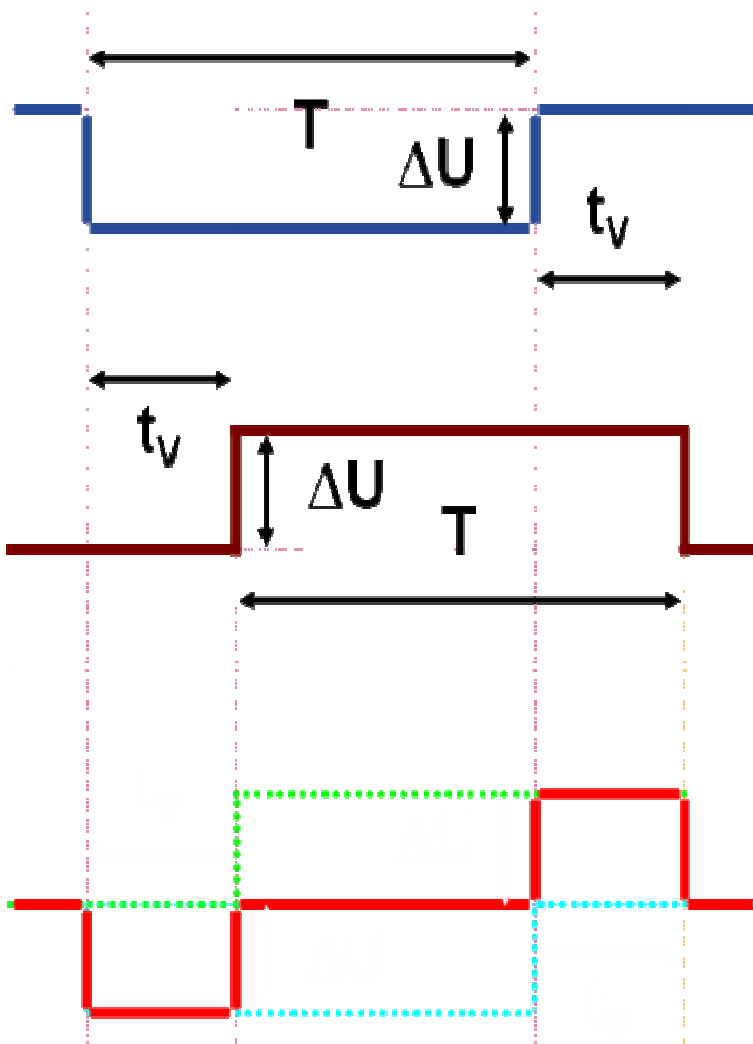


Tyristorové spínače

40 ms?

20 ms?

5 ms???



Zát'až s dĺžkou trvania impulzu T .

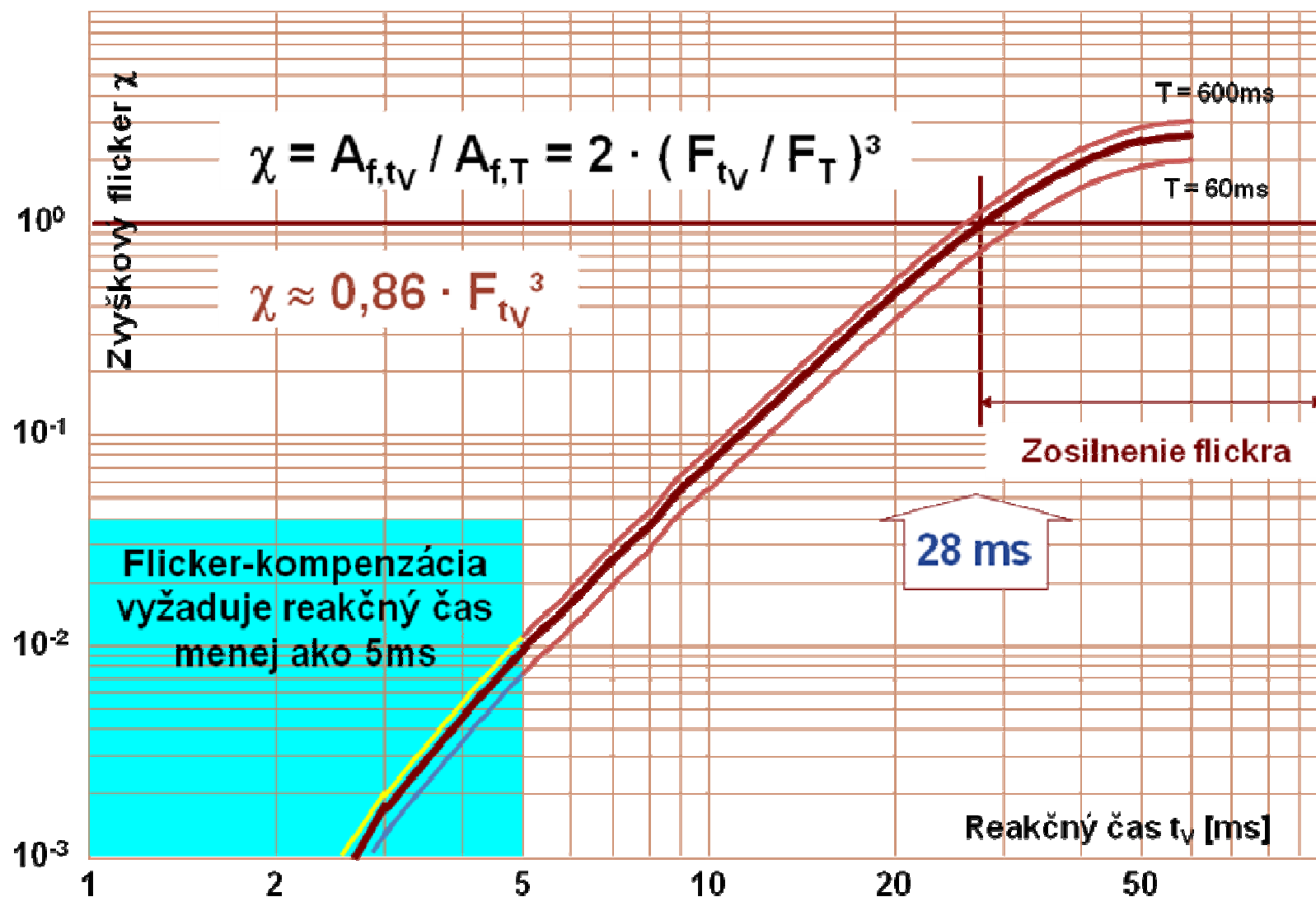
Pokles napätia ΔU

Flicker-kompenzácia s reakčným časom t_v .

Zmena napätia ΔU

Dvojitý flicker s dĺžkou impulzu t_v . zmena napätia ΔU

T – dĺžka impulzu



Príklad:

Údaje o sieti: $S_K=100\text{MVA}$, $X_N/R_N=1.5$

Bodová zväračka: $S_A=1000\text{kVA}$, $\cos \varphi_i = 0.6$, $T = 200 \text{ ms}$, $f = 30/\text{min} \Rightarrow P_A = 600\text{kW}$, $Q_A=800\text{kvar}$

Výsledky bez kompenzácie:

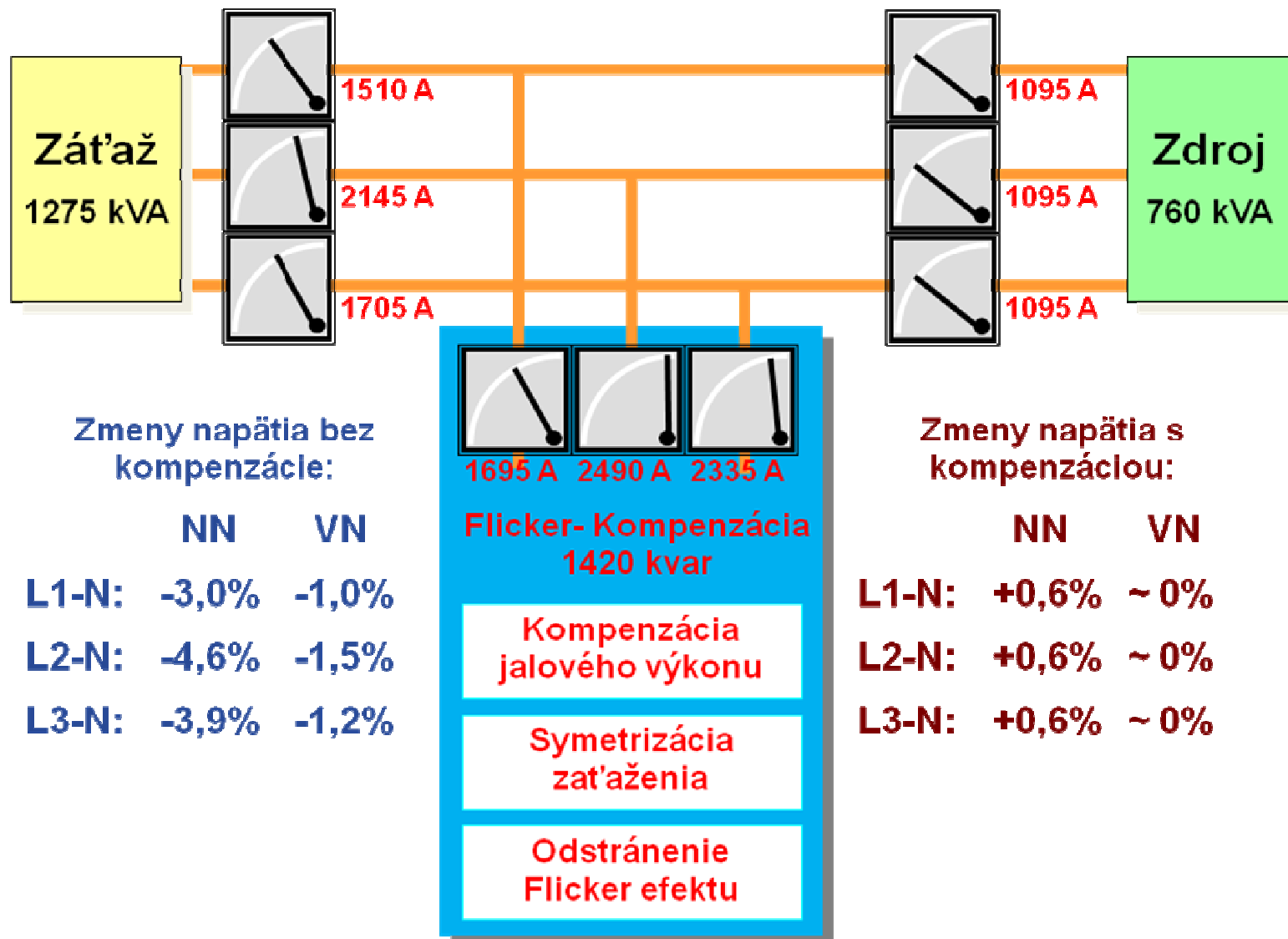
$\Delta u = 1\%$, $F = 1.31$, $A_f = 2.59$

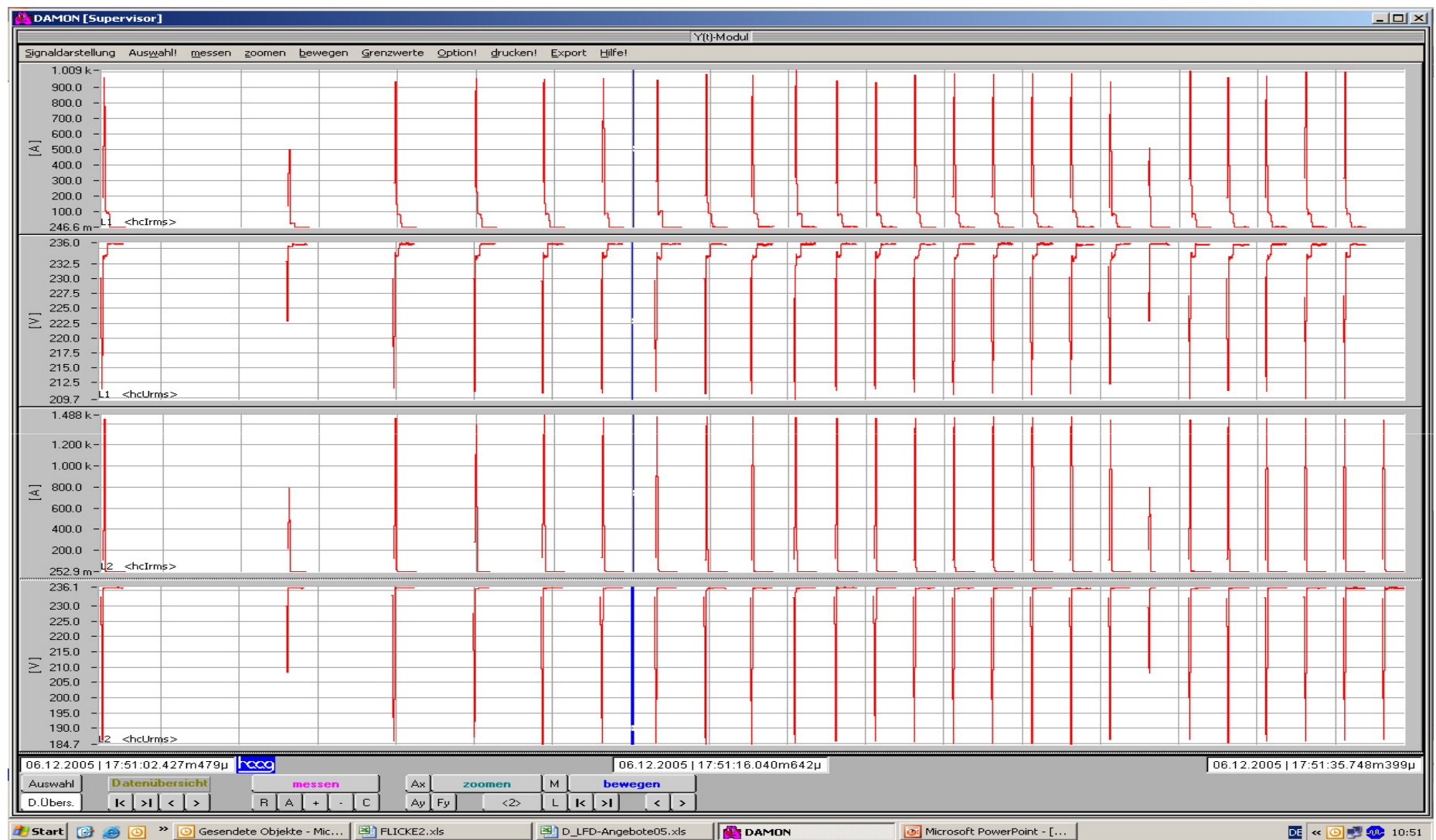
Kompenzačná jednotka: $Q_K = 1200 \text{ kvar}$

Výsledky pri rôznych reakčných časoch kompenzácie:

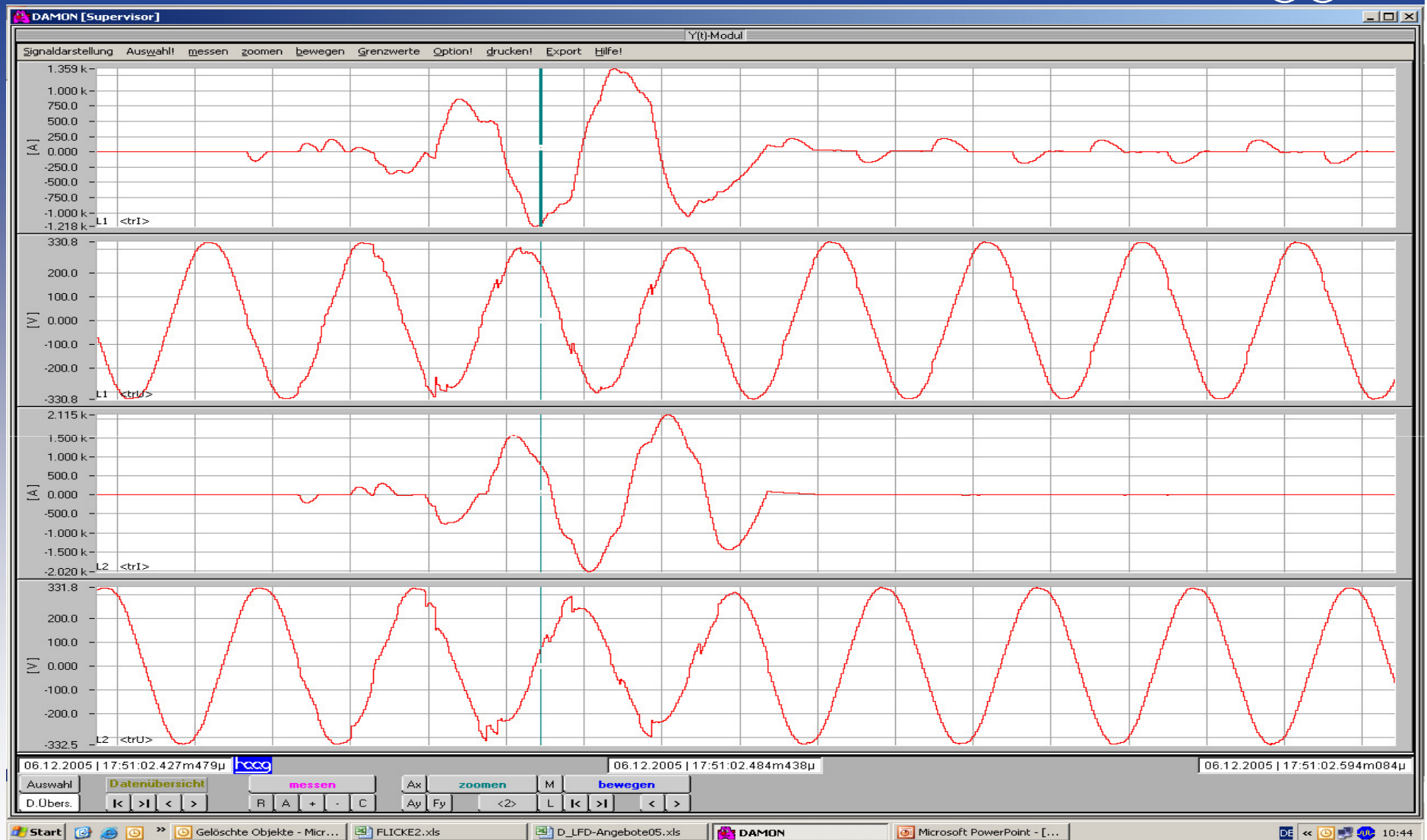
t_v	F	A_f	χ	$1/\chi$
30 ms	1.1	3.061	1.184	0.8
20 ms	0.8	1.178	0.455	2.2
10 ms	0.44	0.196	0.076	13.2
5 ms	0.22	0.024	0.009	105.6

7 ms



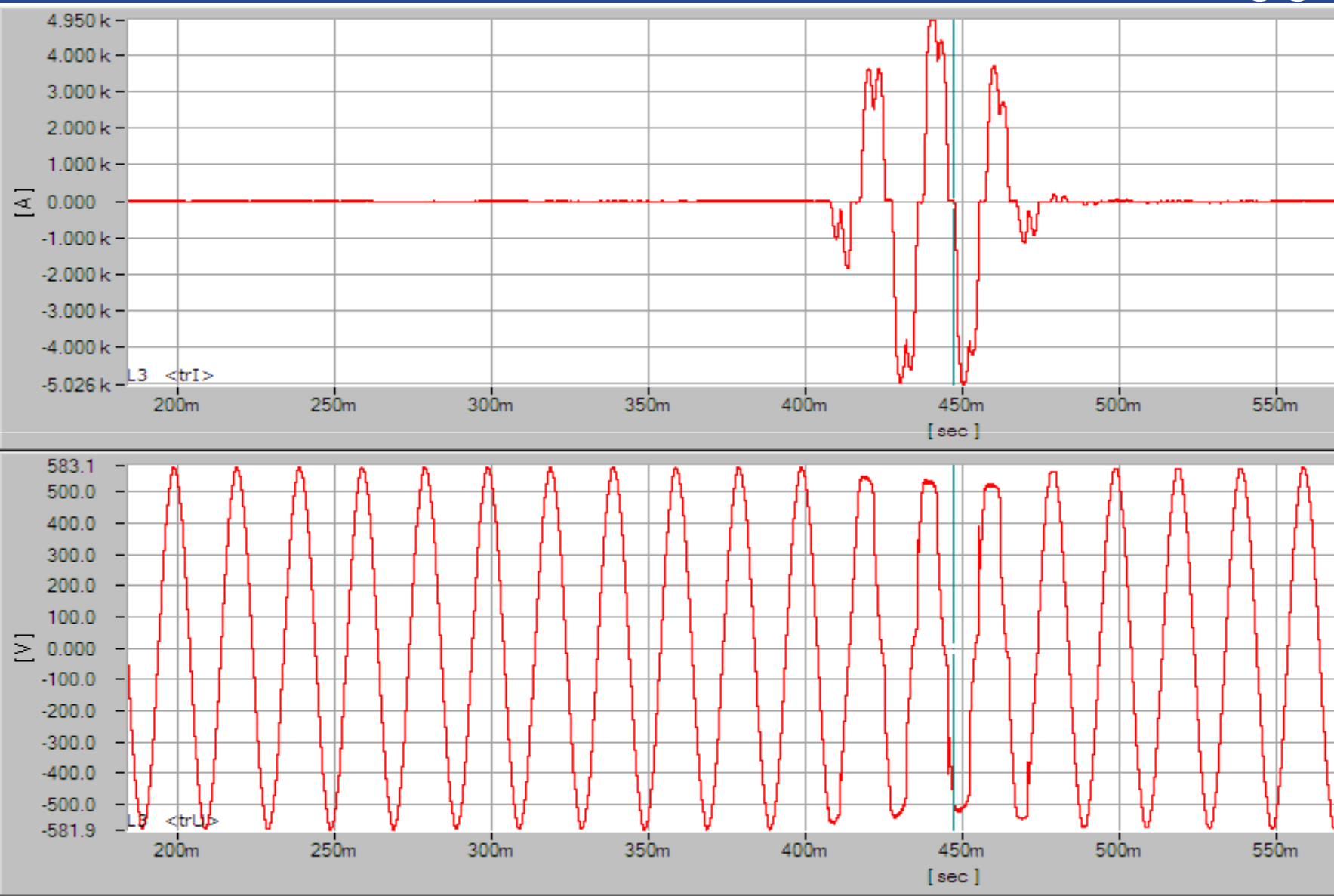


Zvárenie siet'oviny do betónu 60 cyklov / minúta
Trvanie 3 periódy



Zvárenie siet'oviny do betónu 60 cyklov / minúta
Trvanie 3 periódy

Zváranie radiátorov

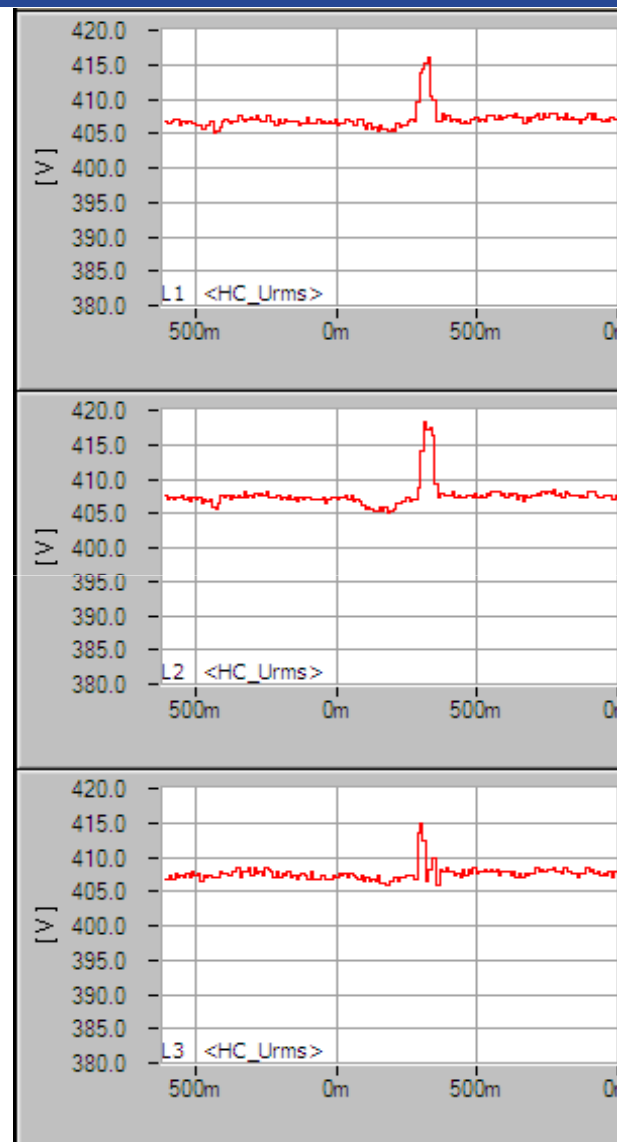


6 cyklov / minúta

Zváranie radiátorov



Bez kompenzácie



S kompenzáciou

ALFC – výkon + riadenie



- 1950 DOMINIT-WERKE
- 1973 Lepper-Dominit
- ...
- 1982 ASEA Lepper
ASEA Kondensatoren
- 1988 ABB Kondensatoren
- 2002 ABB Schaltanlagentechnik
- 2005 **CONDENSATOR DOMINIT**
39 zamestnancov, obrat 2007 10.5 Mio Eur
- 2006 **POWER GRID**



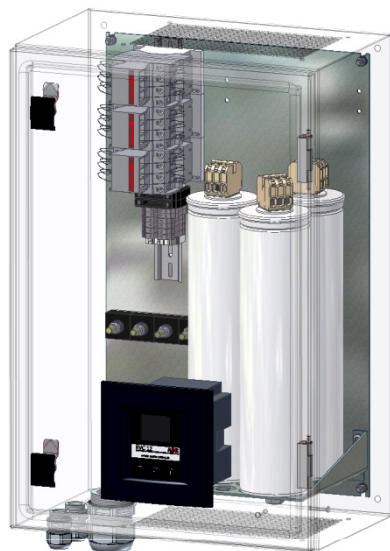
**Kompenzácia
jalového výkonu**



**Zmeny napätia v sieti
(flicker)**



Vyššie harmonické

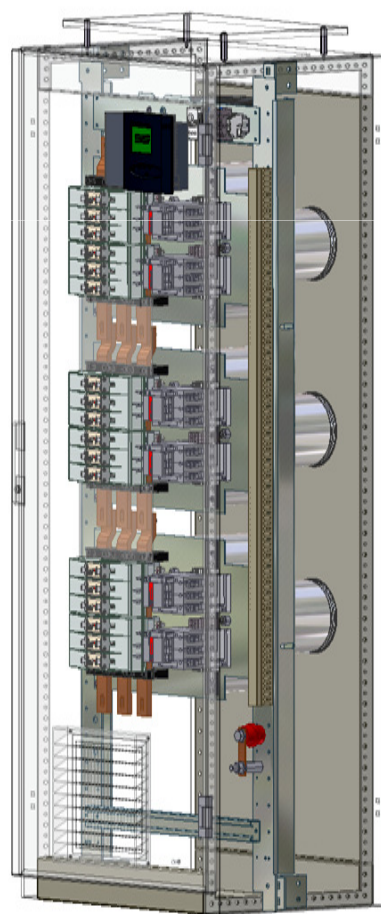


CLMW

Menovité napätie: 400V/50Hz

Menovitý výkon: max. 75kvar v jednej skrini

Výkon jedného kroku: 6,25 / 12,5 / 25 kvar



CLMK (*modulárny koncept*)

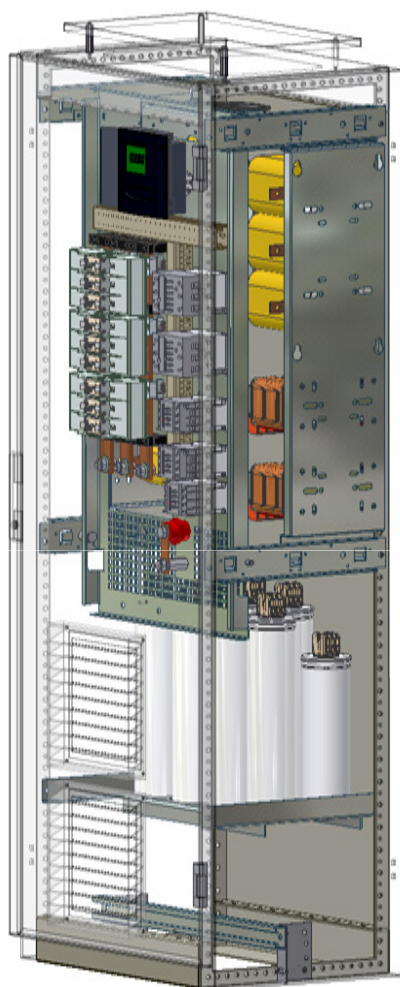
Menovité napätie: 400V/50Hz

Menovitý výkon: max. 300kvar v jednej skrini

Výkon jedného kroku: 12,5 / 25 / 50 kvar



Štandardné kompenzačné jednotky



CLMK – L (s tlmivkami)

Menovité napätie: 400V/50Hz

Menovitý výkon: max. 150kvar v jednej skrini

Výkon jedného kroku: 6,25 / 12,5 / 25 kvar



CDXR

Menovité napätie:

400V/50Hz

Menovitý výkon: max.

600kvar v jednej skrini

Výkon jedného kroku:

12,5 / 25 / 50 / 100 kvar

600 mm alebo 800 mm

skrine

Možnosť postaviť až

12x600 = 7200 kvar

jednotku



Vysokonapäťové jednotky (príklady)



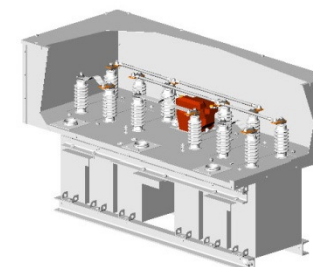
Nominálne napätie: 30kV
Výkon: 6,17Mvar
Kombinácia 2 nezávislých filtrov



Nominálne napätie: 6kV
Výkon: 6 x 1000kvar
Tlmivky: 12,5%
Krytie: IP42

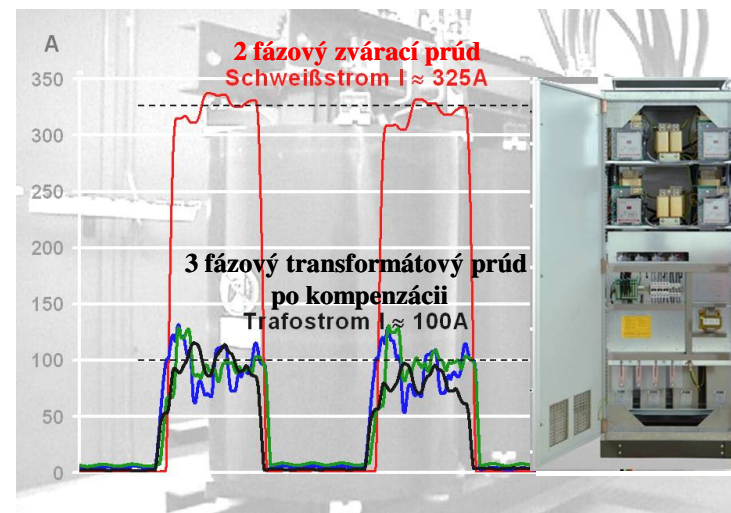


Nominálne napätie: 20 kV
Výkon: 18500 kvar
Filter: 3. 5. 7. harmonická
Krytie: IP00





- tyristorom spínané kondenzátory bez nežiadúcich prechodových javov
- možnosť mnohopočetného zopnutia
- mimoriadne rýchle spínanie: $<20\text{ms}$ v konfigurácii s otvorenou slučkou ($<16,7\text{ms}$ v 60Hz sieti) alebo $<5\text{ms}$ pri externom spínaní
- konštrukčné prevedenie pre ťažké prevádzky
- od 220 do 690V – 50Hz/60Hz, troj alebo jednofázový systém
- dokonale zákaznícky prispôsobiteľný výrobok
- použitý regulátor RVT-D Dynacomp® Controller umožňuje využívať mnoho doplnkových funkcií, ako je monitorovanie siete, výkonov...





Aktívne filtre

výrobky ABB rady PQFI-PQFM-PQFK-PQFS



- filtruje až 20 vyšších harmonických súčasne (15 pre PQFK)
- filtruje až do 50. harmonickej
- filtruje harmonické s nulovou zložkou (zero-sequence) (3., 9. ...) v neutrálnom vodiči (PQFK)
- možnosť individuálneho riadenia a nastavovania pre každú harmonickú
- činiteľ harmonického tlmenia typicky lepší ako 97%
- možná kompenzácia jalového výkonu v širokom rozsahu (induktívneho aj kapacitného charakteru)
- funkcia vyváženia záťaže
- priame pripojenie do 690V (PQFI a PQFM)
- komunikácia po zbernici Modbus RTU
- nevyžaduje podrobnú analýzu siete
- nedá sa preťažiť
- necitlivé na zmenu sieťových parametrov (napr. paralelný chod transformátorov, prevádzku generátorov)
- jednoduchá inštalácia a prevádzka
- kompletná rada pokrývajúca všetky typy aplikácií:
 - PQFM/PQFI pre ťažké priemyselné záťaže
 - PQFK pre záťaže v komerčných budovách
 - PQFS pre malé priemyselné záťaže, administratívne centrá

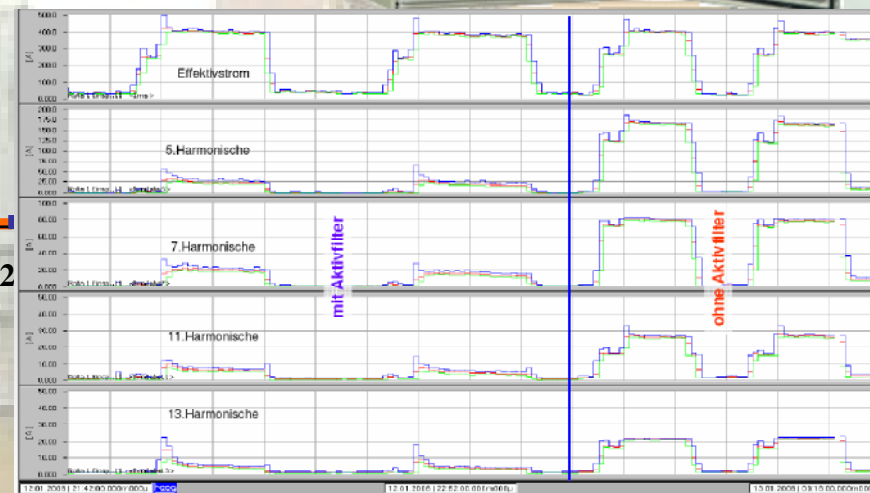
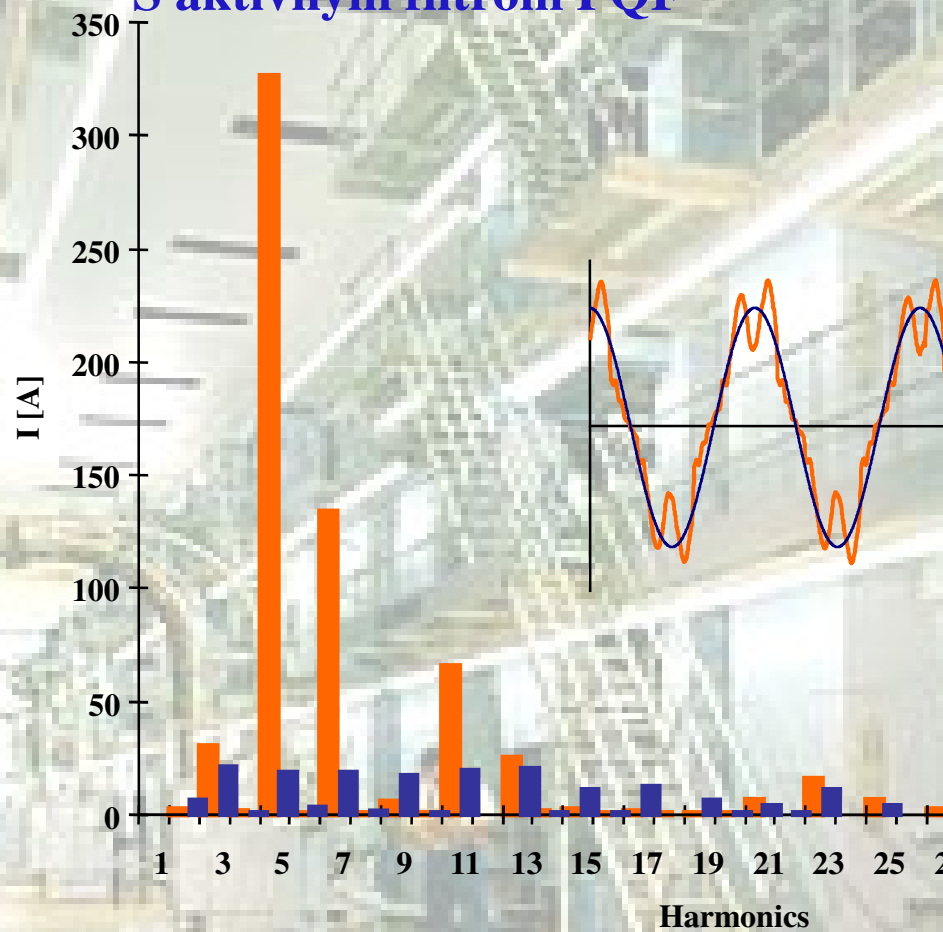


RMS prúd (50 alebo 60Hz)		
	208V <= U <= 480V	480V <= U <= 690V
PQFI	250A	180A
	450A	320A
PQFM	70A	100A
	100A	
	130A	
	208V <= U <= 415V	
PQFK	40A	
	70A	
	100A	
	208V <= U <= 240V	380V <= U <= 415V
PQFS	30A	30A
	45A	45A
	60A	60A



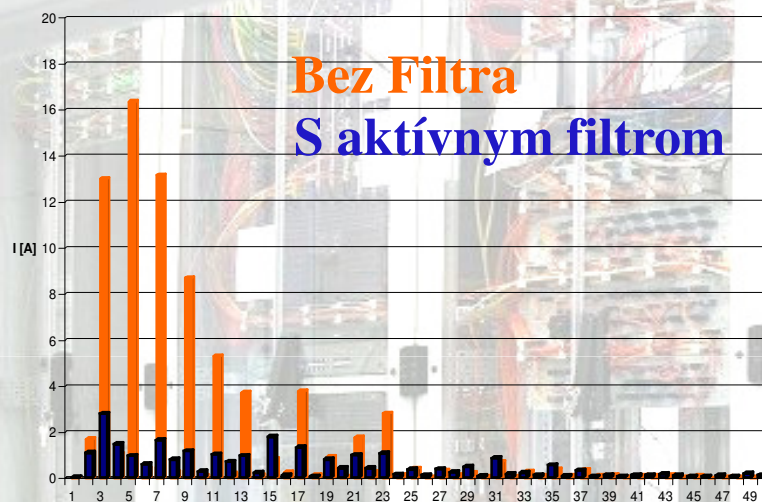
Bez filtra

S aktívnym filtrom PQF

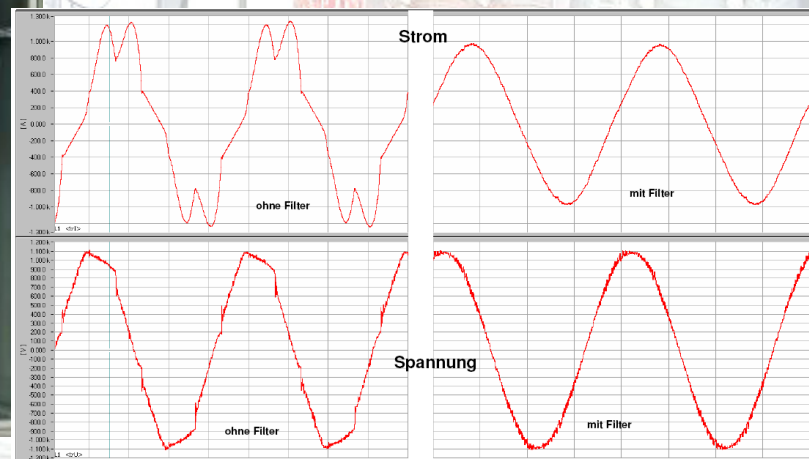
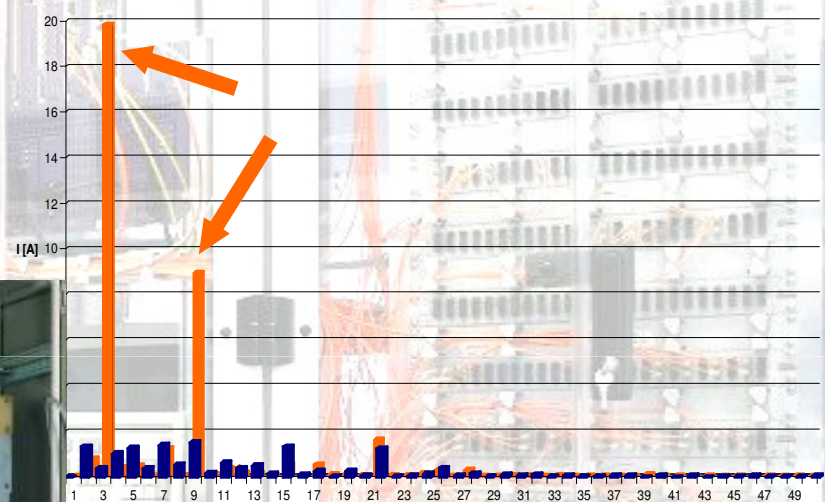




Prúd fázovým vodičom



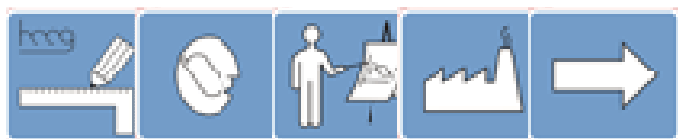
Prúd nulovým vodičom



*Vaša prvá adresa v oblasti
kvality elektrickej siete*



Power Grid



www.power-grid.eu