



evropský  
sociální  
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Střední průmyslová škola elektrotechnická a informačních technologií Brno

Číslo a název projektu: CZ.1.07/1.5.00/34.0521 – Investice do vzdělání nesou  
nejvyšší úrok

Autor: Ing. Bohumír Jánoš

Tématická sada: Laboratorní cvičení z elektrotechnických měření

Téma: **Kondenzátor v obvodu střídavého proudu - Harmonická analýza**

Číslo materiálu: VY\_32\_INOVACE\_01\_05\_JABO



evropský  
sociální  
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

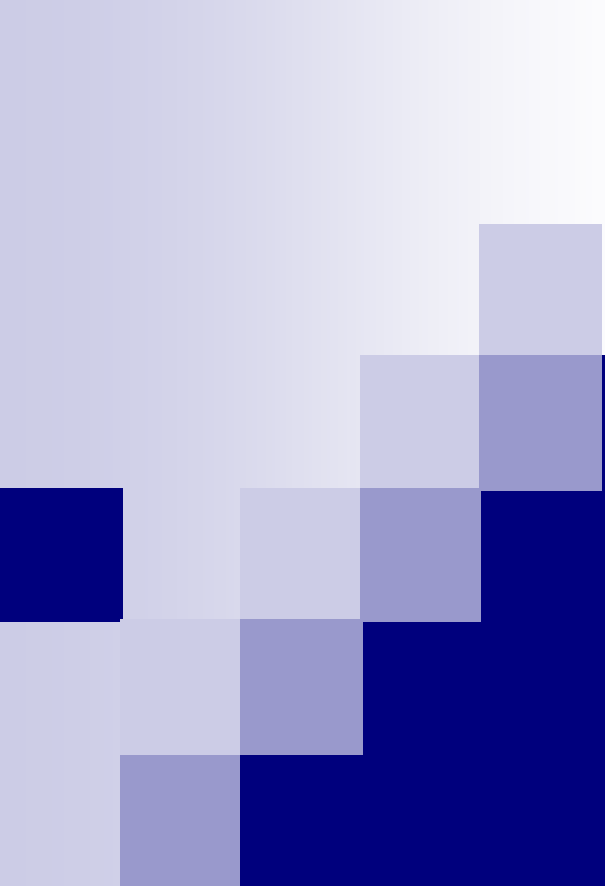


OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost

## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Anotace:

Materiál je určen pro 3. ročníky SPŠEIT. Jedná se o výkladovou prezentaci k měření vlastností kondenzátoru v obvodech střídavého sinusového a obdélníkového proudu. Cílem cvičení je proměřit VA charakteristiky kondenzátoru a seznámit se s principem harmonické analýzy a syntézy signálů včetně studia spekter některých běžných průběhů – sinusového a obdélníkového pomocí výukového systému rc 2000 -  $\mu$ LAB. Úloha je vhodná pro studijní obory SPŠEIT s výukou předmětu Elektrotechnická měření.



# Kondenzátor v obvodu střídavého proudu Harmonická analýza

Ing. Bohumír Jánoš, SPŠEIT Brno

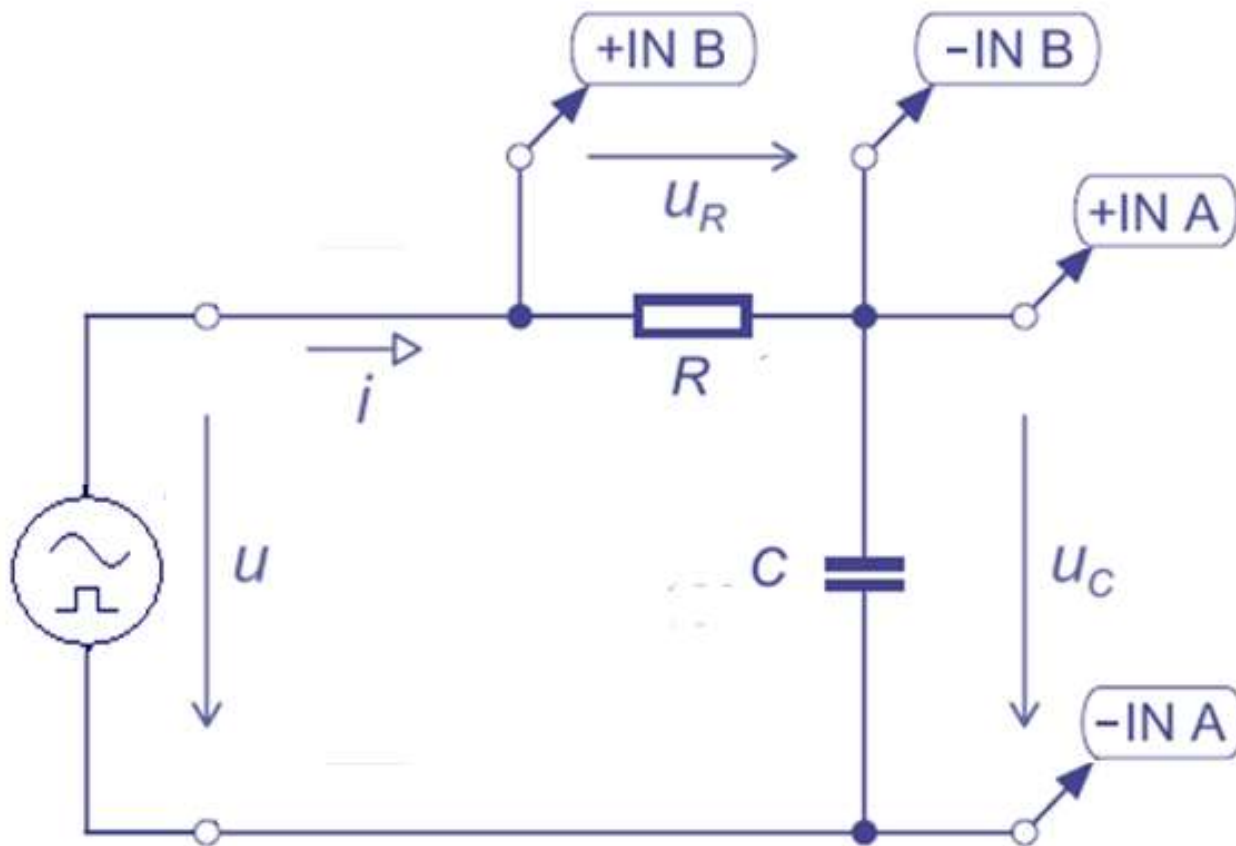
# 1 Zkoušený předmět

Kondenzátor – modul výukového systému rc 2000 -  $\mu$ LAB (kapacitní dekáda 1 nF – 999 nF s krokem 1nF)

## 2 Zadání

- Změřte VA charakteristiky daného kondenzátoru při jeho nabíjení střídavým proudem sinusového a obdélníkového průběhu.
- Vypočítejte kapacitní reaktanci kondenzátoru a srovnejte vypočítanou hodnotu  $X_c$  se změřenou hodnotou při napájení sinusovým v proudem.
- Z naměřených hodnot  $U$  a  $I$  vypočítejte impedance pro sinusový i nesinusový (obdélníkový) proud a vynesete je do grafu  $Z=f(U)$ .
- Zobrazte amplitudové spektrum obdélníkového a sinusového signálu. Proveďte podrobné zhodnocení harmonické analýzy a syntézy neharmonických signálů.

### 3 Schéma zapojení



Obr.1 Zapojení pro měření VA charakteristik kondenzátoru

## 4 Teoretický rozbor úlohy

V obvodu střídavého proudu se kondenzátor opakovaně nabíjí a vybíjí, což má za následek předbíhání elektrického proudu před napětím (*fázový posun*) a vznik kapacitance, tj. zdánlivého odporu proti průchodu střídavého proudu. Nabíjecí proud kondenzátoru je největší v okamžiku, kdy je kondenzátor nenabitý, tj. napětí mezi jeho deskami je nulové. Naopak v okamžiku, kdy je kondenzátor nabit na maximální napětí je proud v obvodu nulový. VA charakteristiky měříme tak, že napětí odečítáme přímo ze sejmutých obrazovek, proud jako napětí na odporu  $R = 1\text{k}\Omega$ . Použité vztahy:

$$I = \frac{U_R}{R} \quad \text{proud tekoucí obvodem} \quad [\text{mA}; \text{V}, \text{k}\Omega] \quad (1)$$

$$Z = \frac{U_C}{I} \quad \text{impedance kondenzátoru} \quad [\text{k}\Omega; \text{V}, \text{mA}] \quad (2)$$

$$X_C = \frac{1}{2\pi f C} \quad \text{kapacitance kondenzátoru} \quad [\text{k}\Omega; \text{Hz}, \text{F}] \quad (3)$$

Harmonická analýza slouží k popisu signálů v kmitočtové oblasti. Fourierův teorém říká, že periodický signál  $f(t)$  libovolného tvaru lze rozložit na součet nekonečně mnoha harmonických složek, tj. sinusových signálů.

$$f(t) = c_0 + \sum_{k=1}^{\infty} (c_k \sin(k\omega_1 t + \varphi_k)), \quad (4)$$

kde je  $k$  ..... index označující pořadí složek,

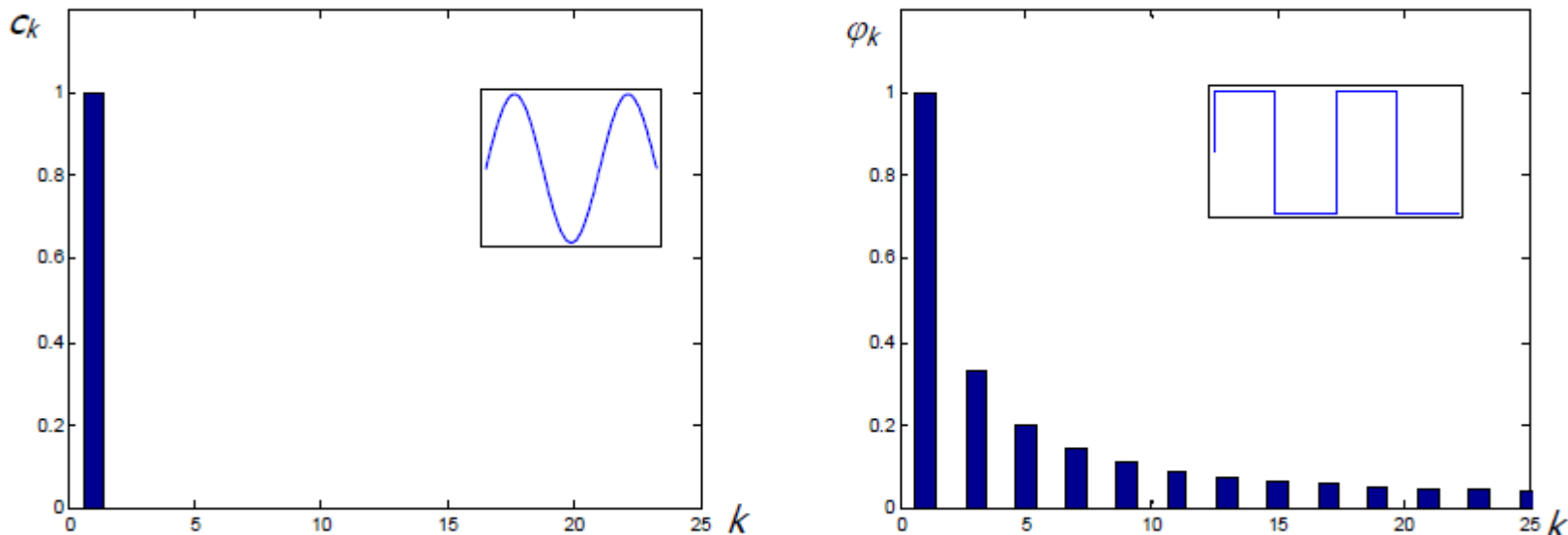
$c_0$  ..... stejnosměrná složka, nultá harmonická složka,

$c_k$  ..... amplituda  $k$ -té harmonické složky,

$\varphi_k$  ..... fázový posuv  $k$ -té harmonické složky,

$\omega_1 = 2\pi f_1$  ..... kmitočet 1. harmonické složky, základní kmitočet.

Vždy platí, že kmitočty **harmonických složek** jsou celistvými násobky ( $k$  je celé číslo) základního kmitočtu signálu  $f_1$ . Každá z harmonických složek má jinou amplitudu, kterou můžeme zakreslit do grafu a získáme tak **amplitudové spektrum**, tedy závislost  $c_k = f(k)$ . Navíc má každá z těchto složek obecně jinou počáteční fázi, kterou můžeme rovněž zakreslit do grafu a získáme tak **fázové spektrum**, tedy závislost  $\varphi_k = f(k)$ .



Obr.2 Příklady amplitudových spekter pro sinusový a obdélníkový průběh

U amplitudového spektra tedy zjišťujeme velikosti konkrétních komplexních složek spektra pomocí absolutní hodnoty, u fázového spektra úhly těchto složek. Spektrum sinusového signálu obsahuje jedinou složku – sebe sama (obr.2 - vlevo). Spektrum obdélníkového signálu obsahuje jen liché harmonické složky, jejichž amplituda klesá s  $k^{-1}$ , viz obr. 2 - vpravo. Fázový posun všech harmonických složek obdélníkového signálu je nulový. Proces matematického rozkladu neharmonických signálů na spektrální složky se nazývá **harmonická analýza**. Opakem harmonické analýzy je **harmonická syntéza**.

## 5 Postup měření

- Sestavte měřicí systém podle obr. 1. Vstupy IN A a IN B jednotky A&DDU budou měřit napětí  $u_C$  na kondenzátoru a napětí  $u_R$  na odporu. Do tabulek si zapište hodnoty součástek R, C a kmitočtu f.
- Spustěte program RC 2000 a z *Výběru programů* zvolte nabídku Oscilloscope. Na generátoru zvolte obdélníkový průběh a napětí nastavte na nejvyšší možnou hodnotu (maximální napětí na rezistoru nesmí překročit 10 V). Hodnotu napětí na kapacitě  $u_C$  snižujte po 0,5 V do 0V a odečítejte hodnotu napětí  $u_{rms}$  obou kanálů na osciloskopu. Napětí na odporu  $R=1\text{ k}\Omega$  ( $u_R$ ) podle vztahu (1) odpovídá proudu v mA. Podle vztahu (2) vypočítejte velikost impedance kondenzátoru.
- Naměřené a vypočítané hodnoty vynesete do grafů  $I = f(U)$  a  $Z = f(U)$ .
- Totéž zopakujte i pro sinusový průběh a stejné hodnoty napětí  $u_C$ . Reaktanci kondenzátoru vypočítejte podle vztahu (3).
- Pro zvolenou hodnotu napětí nasnímejte obrazovky amplitudových spekter pro vstupní symetrický obdélníkový signál (průběh proudu - napětí na rezistoru, průběh napětí na kondenzátoru) a jednu obrazovku pro vstupní sinusový signál.
- Popište sejmuté obrazovky v editaci popisů Legend: *Edit* . Editaci ukončete stiskem tlačítka *End*. Příkazem Print: *Save screen to file* uložte sejmuté obrazovky do počítače.

## 6 Zpracování naměřených hodnot

Tab.1 Pro obdélníkový (neharmonický) průběh

$f = \dots \text{ Hz}$ ,  $C = \dots \text{ nF}$ ,  $v = \dots \text{ }^\circ\text{C}$

$U_C$	$U_R$	$I$	$Z$	Poznámka
V	V	mA	$k\Omega$	

Tab.2 Pro sinusový (harmonický) průběh

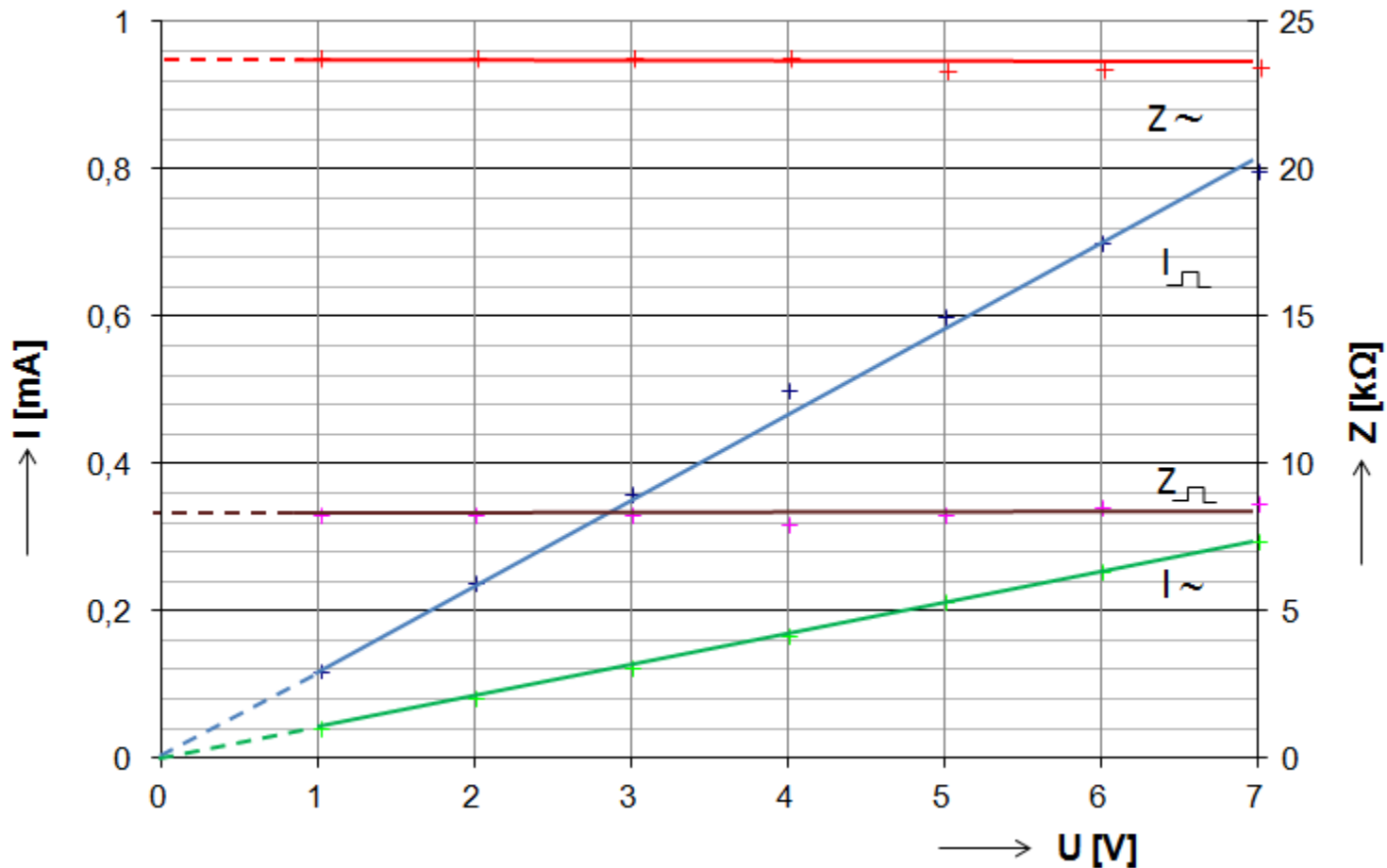
$f = \dots \text{ Hz}$ ,  $C = \dots \text{ nF}$ ,  $v = \dots \text{ }^\circ\text{C}$

$U_C$	$U_R$	$I$	$Z$	Poznámka
V	V	mA	$k\Omega$	

## 7 Příklad výpočtu

Výpočet vztahů (1) až (3)

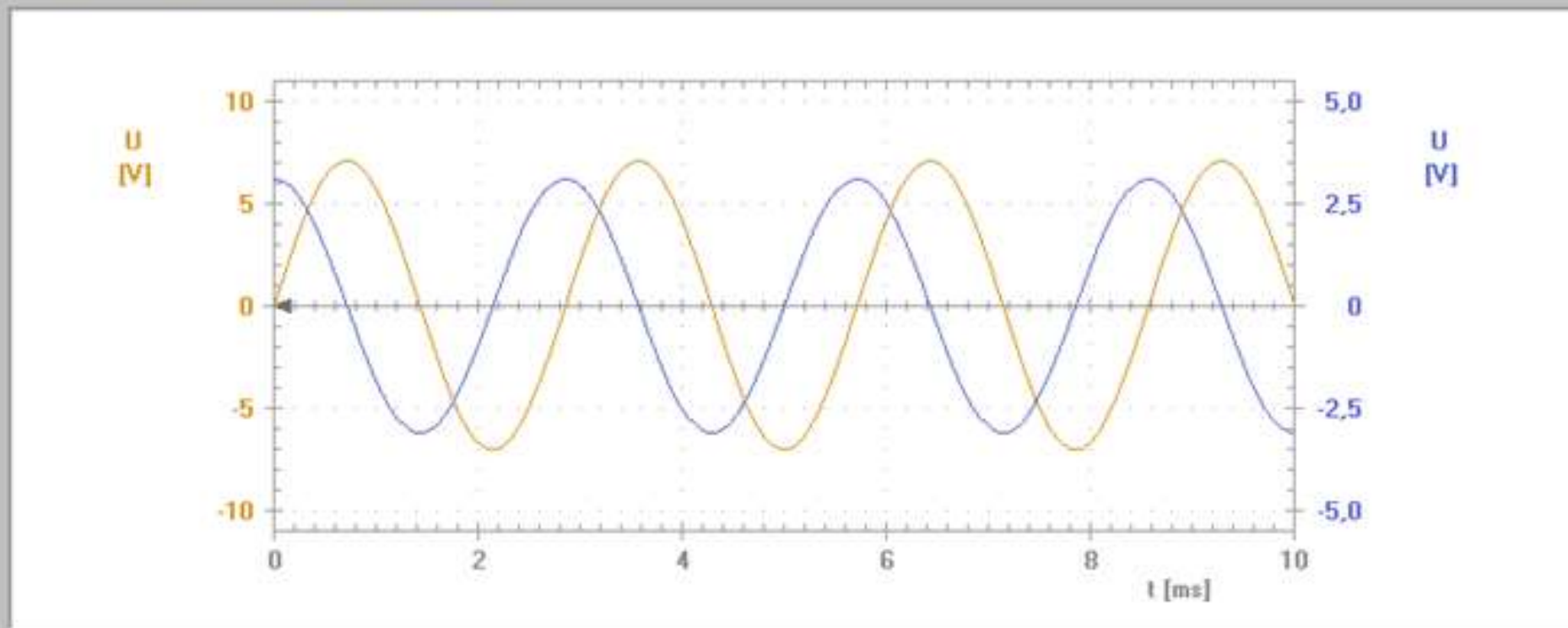
## 8 Grafické řešení (graf obr.3 + nasnímané screenshots)



Obr.3 Voltampérové charakteristiky kondenzátoru v obvodu střídavého proudu

Legend		Edit	Delete	Function		Measure					Status		File
<span style="color: yellow;">●</span> A	Kondenzátor 200nF			Trigger		U rms	U mean	U max	U min	f	<input type="radio"/> Stop	Open	
<span style="color: blue;">●</span> B	Rezistor 1k			Cursor	<span style="color: yellow;">●</span> A	5,0V	0,0V	7,1V	-7,0V	350,2 Hz	Trig	A  0,0V	Save
				Measure	<span style="color: blue;">●</span> B	2,20V	0,00V	3,10V	-3,10V	350,1 Hz		Print	
				Math								Exit	
				Utility									

View				Init
YT	XY	Phasor	Harmonic	



Measurement					Time	Gain		Average
Normal	Run	Single	Sequence	<input type="radio"/> B1 <input type="radio"/> B2 <input type="radio"/> B3 <input type="radio"/> B4 <input type="radio"/> Off		<span style="color: yellow;">●</span> A	<span style="color: blue;">●</span> B	Off

Legend		Edit	Delete	Function	Measure					Status		File
● A	Kondenzátor 200nF			Trigger		U rms	U mean	U max	U min	f	● Stop	Open
● B	Rezistor 1k			Cursor	● A	5,0V	0,0V	7,1V	-7,0V	350,2 Hz	Trig A	Save
				Measure	● B	2,20V	0,00V	3,10V	-3,10V	350,1 Hz	0,0V	Print
				Math								Exit
				Utility								

View				Grid	Reference phasor					Init		
YT	XY	Phasor	Harmonic		◀	▶	● A	● B1	○ B2	○ B3	○ B4	Init

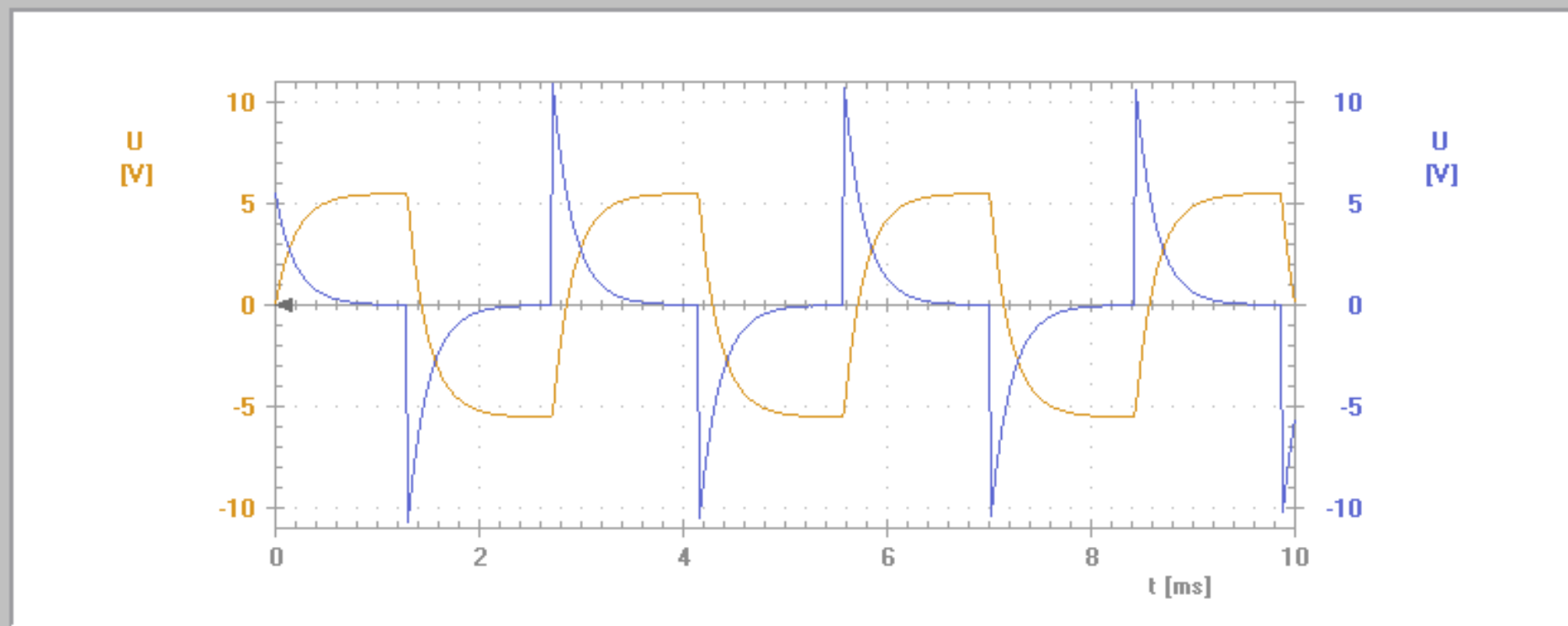
Kanály mají různá zesílení

Measurement						Time	Gain		Average
Normal	Run	Single	Sequence	○ B1	○ B2	○ B3	○ B4	○ B5	Off
							● A	● B	



Legend		Edit	Delete	Function	Measure					Status		File
<span style="color: orange;">●</span> A	Kondenzátor 200nF			Trigger		U rms	U mean	U max	U min	f	<span style="color: red;">■</span> Stop	Open
<span style="color: blue;">●</span> B	Rezistor 1k			Cursor	<span style="color: orange;">●</span> A	4,7V	0,0V	5,5V	-5,5V	350,0 Hz	Trig	A  0,0V
				Measure	<span style="color: blue;">●</span> B	3,0V	0,0V	10,9V	-10,7V	349,7 Hz		Save
				Math								Print
				Utility								Exit

View			
YT	XY	Phasor	Harmonic



Measurement					Time	Gain		Average
Normal	Run	Single	Sequence	<input type="radio"/> B1 <input type="radio"/> B2 <input type="radio"/> B3 <input type="radio"/> B4 <input type="button" value="Clr"/>		<span style="color: orange;">●</span> A	<span style="color: blue;">●</span> B	Off

# Kondenzátor v obvodu střídavého proudu – Harmonická analýza

SPŠEIT Brno

Legend

<span style="color: orange;">●</span> A	Kondenzátor 200nF
<span style="color: blue;">●</span> B	Rezistor 1k

Function	Measure					
Trigger	U rms	U mean	U max	U min	f	
Cursor	<span style="color: orange;">●</span> A	5,0 V	0,0 V	7,1 V	-7,0 V	350,2 Hz
Measure	<span style="color: blue;">●</span> B	2,20 V	0,00 V	3,10 V	-3,10 V	350,1 Hz
Math						
Utility						

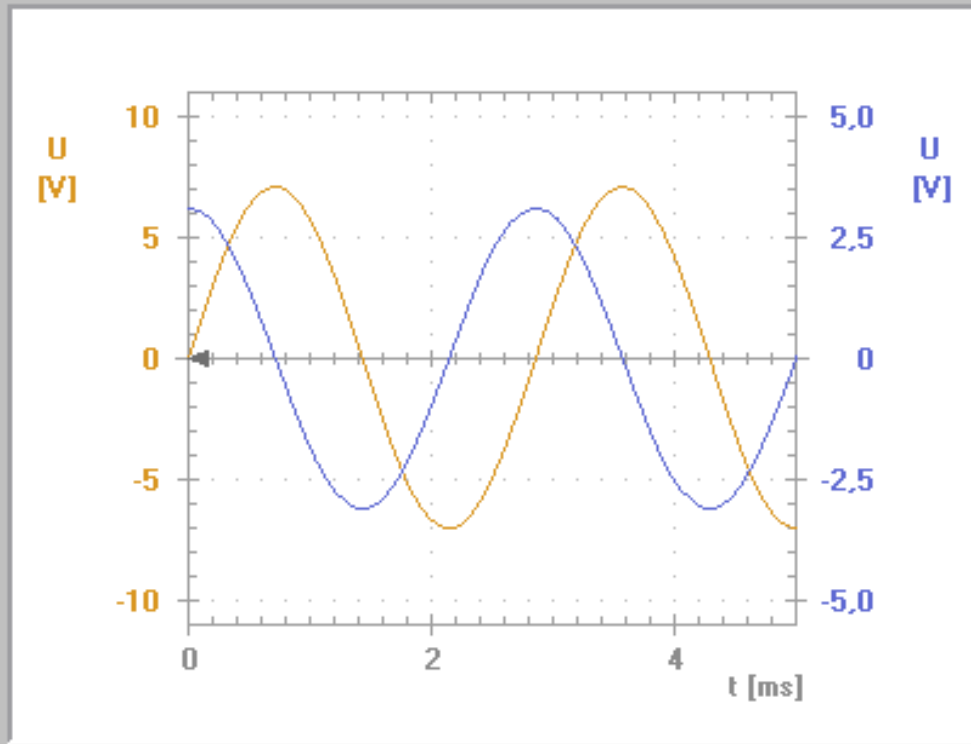
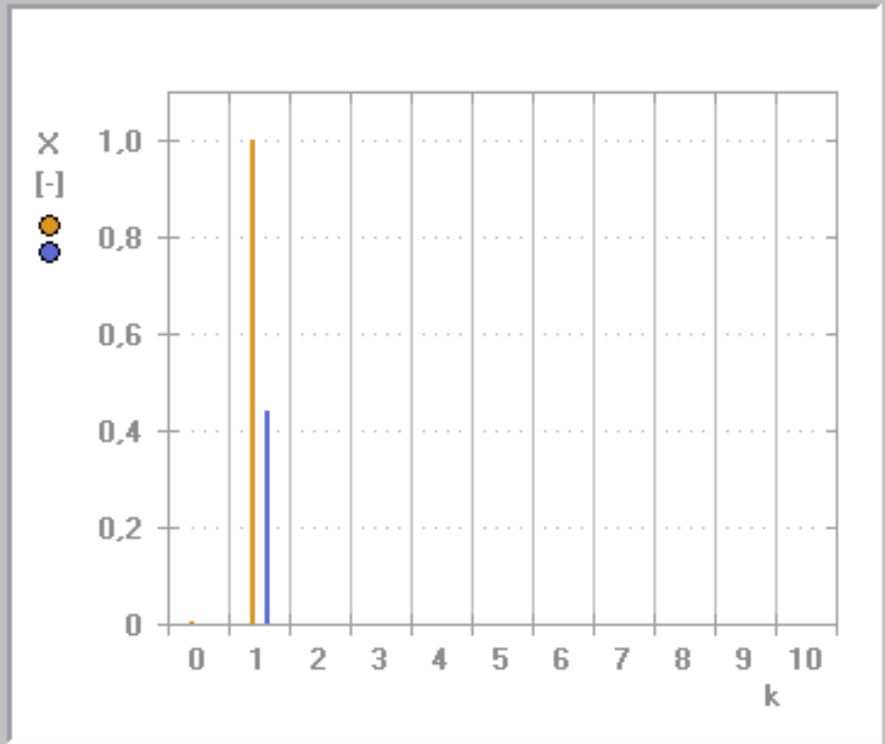
Status	
<span style="color: red;">■</span>	Stop
Trig	A  0,0 V

File
Open
Save
Print
Exit

View	Type
YT	Ampl
XY	Phase
Phasor	
Harmonic	

Scale
Lin
Log

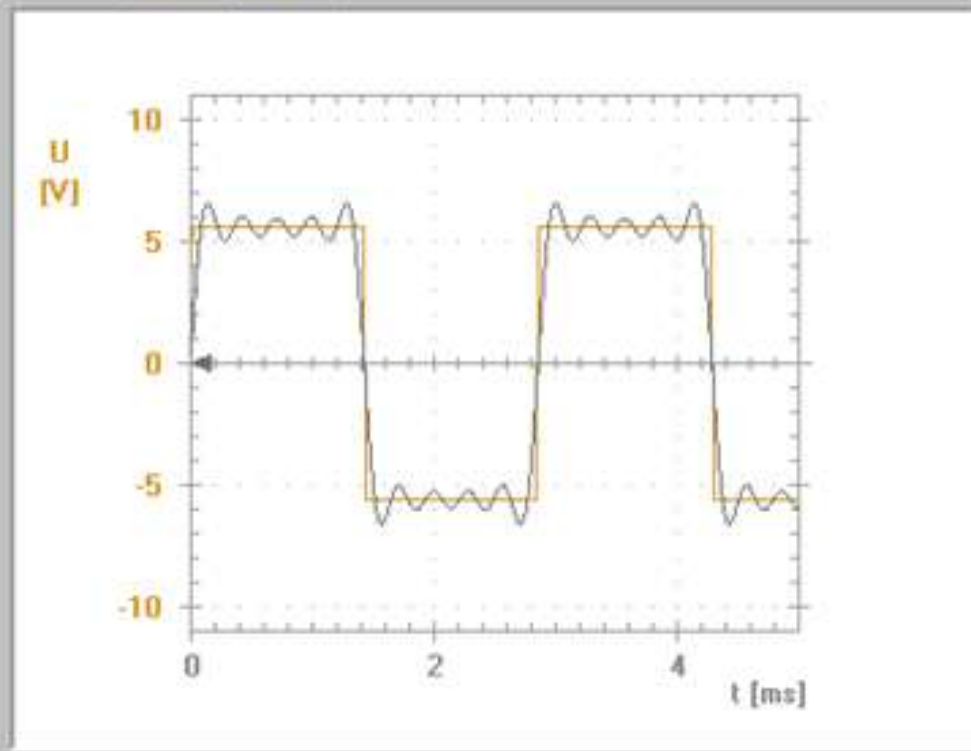
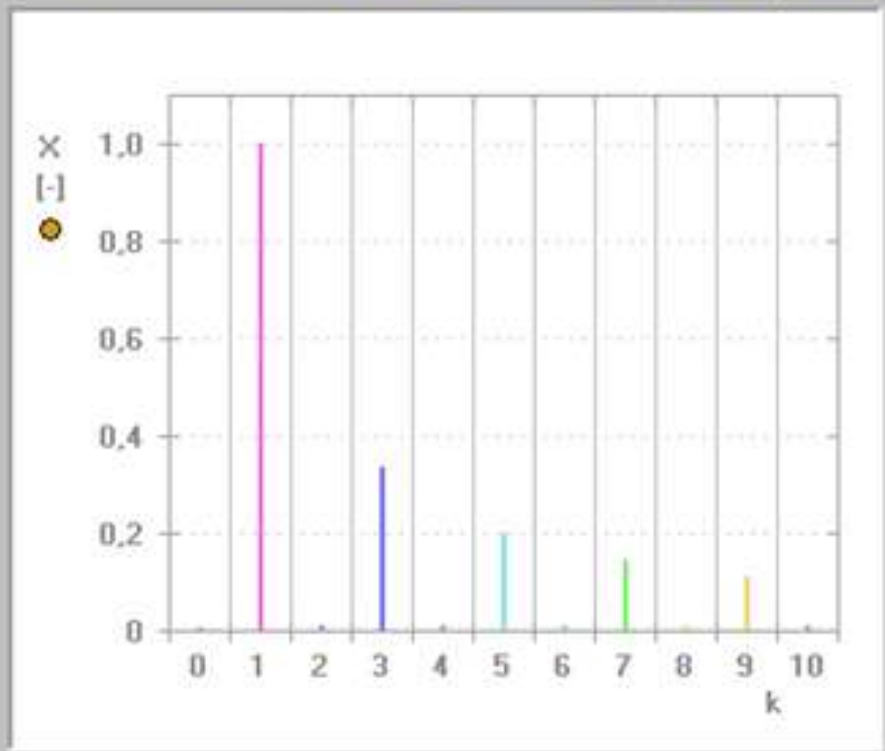
Init



Measurement	Time	Gain	Average
Normal	Run	Single	Sequence
<input type="radio"/> B1	<input type="radio"/> B2	<input type="radio"/> B3	<input type="radio"/> B4
Clr	←	→	↔
<span style="color: orange;">●</span> A	▲	▼	<span style="color: blue;">●</span> B
	▲	▼	Off

Legend		Edit	Delete	Function		Math		Status		File	
<span style="color: yellow;">●</span> A	Kondenzátor 200nF			Trigger	Channel		Harmonic components			Stop	
<span style="color: blue;">●</span> B	Rezistor 1k			Cursor	None	0.	1.	2.	Trig A $\int$ 0.0V		Open
				Measure	<span style="color: yellow;">●</span> A	3.	4.	5.	6.	Math A	Save
				Math	<span style="color: blue;">●</span> B	7.	8.	9.	10.		Print
				Utility							Exit

View				Type		Scale		Init
YT	XY	Phasor	Harmonic	Ampl	Phase	Lin	Log	



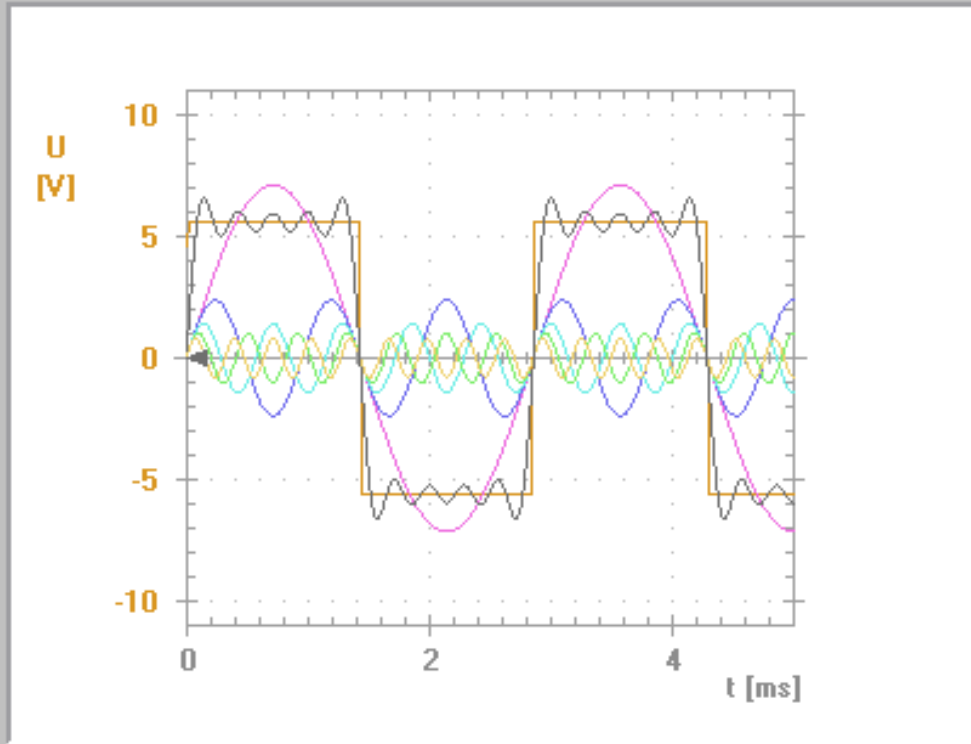
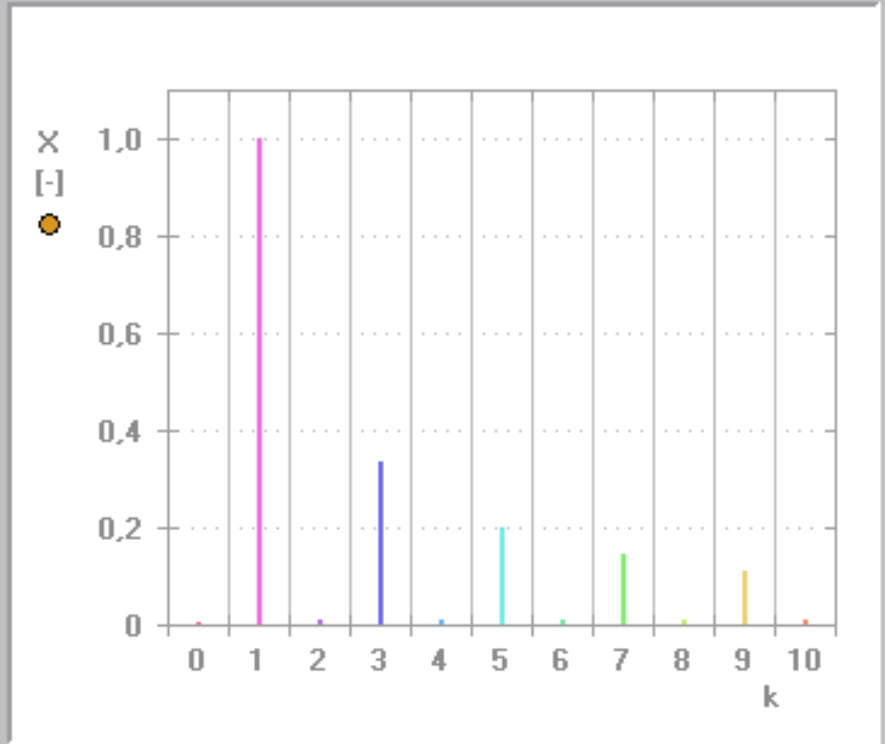
Measurement						Time		Gain		Average	
Normal	Run	Single	Sequence	31	32	33	34	Div	<span style="color: yellow;">●</span> A	<span style="color: blue;">●</span> B	Off

# Kondenzátor v obvodu střídavého proudu – Harmonická analýza

SPŠEIT Brno

Legend		Edit	Delete	Function		Math						Status		File	
<span style="color: yellow;">●</span> A	Kondenzátor 200nF			Trigger	Channel	Harmonic components						<span style="color: red;">■</span> Stop	Open		
<span style="color: blue;">●</span> B	Rezistor 1k			Cursor	None	0.	1.	2.	Show Sum only			Trig	A	0,0V	Save
				Measure	<span style="color: yellow;">●</span> A	3.	4.	5.	6.	Show All			Math	A	Print
				Math	<span style="color: blue;">●</span> B	7.	8.	9.	10.	Hide All					Exit
				Utility											

View				Type		Scale		Init
YT	XY	Phasor	Harmonic	Ampl	Phase	Lin	Log	



Measurement					Time		Gain		Average										
Normal	Run	Single	Sequence	<input type="radio"/> B1	<input type="radio"/> B2	<input type="radio"/> B3	<input type="radio"/> B4	Clr			<span style="color: yellow;">●</span> A			<span style="color: blue;">●</span> B			Off		

## Kondenzátor v obvodu střídavého proudu – Harmonická analýza

SPŠEIT Brno

Legend Edit Delete

Legend	Edit	Delete
<span style="color: yellow;">●</span> A	Kondenzátor 200nF	
<span style="color: blue;">●</span> B	Rezistor 1k	

Function

 Trigger  
 Cursor  
 Measure  
 Math  
 Utility

Math

 Channel  
 None  
 A  
 B

 Harmonic components  
 0. 1. 2.  
 3. 4. 5. 6.  
 7. 8. 9. 10.  
 Show Sum only  
 Show All  
 Hide All

Status

 Stop  
 Trig A  $\int$  0,0V  
 Math A

File

 Open  
 Save  
 Print  
 Exit

View

Type

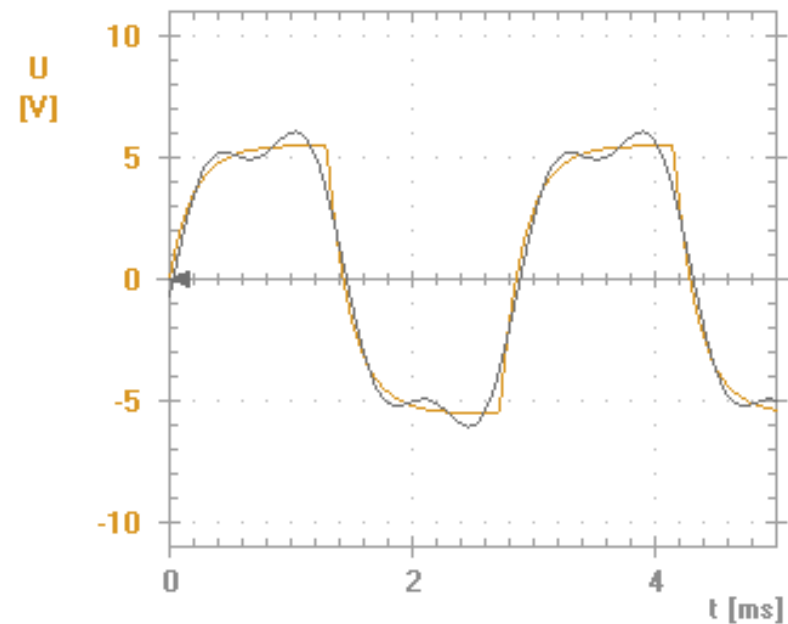
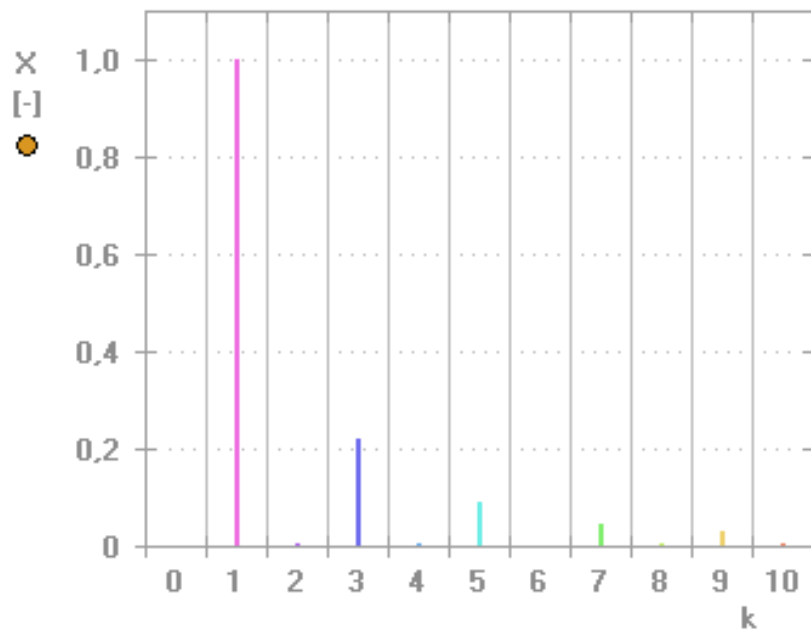
Scale

Init

YT XY Phasor Harmonic

Ampl Phase

Lin Log



Measurement

Time

Gain

Average

Normal

Run

Single

Sequence

 B1 B2 B3 B4

Clr

 A B

Off

**Legend**   **Edit**   **Delete**

<span style="color: yellow;">●</span> <b>A</b>	Kondenzátor 200nF
<span style="color: blue;">●</span> <b>B</b>	Rezistor 1k

**Function**   **Math**

**Trigger**   **Channel**   **Harmonic components**

**Cursor**      0.   1.   2.  

**Measure**    A   3.   4.   5.   6.  

**Math**    B   7.   8.   9.   10.  

**Utility**

**Status**

Stop

**Trig** A 0,0V

**Math** A

**File**

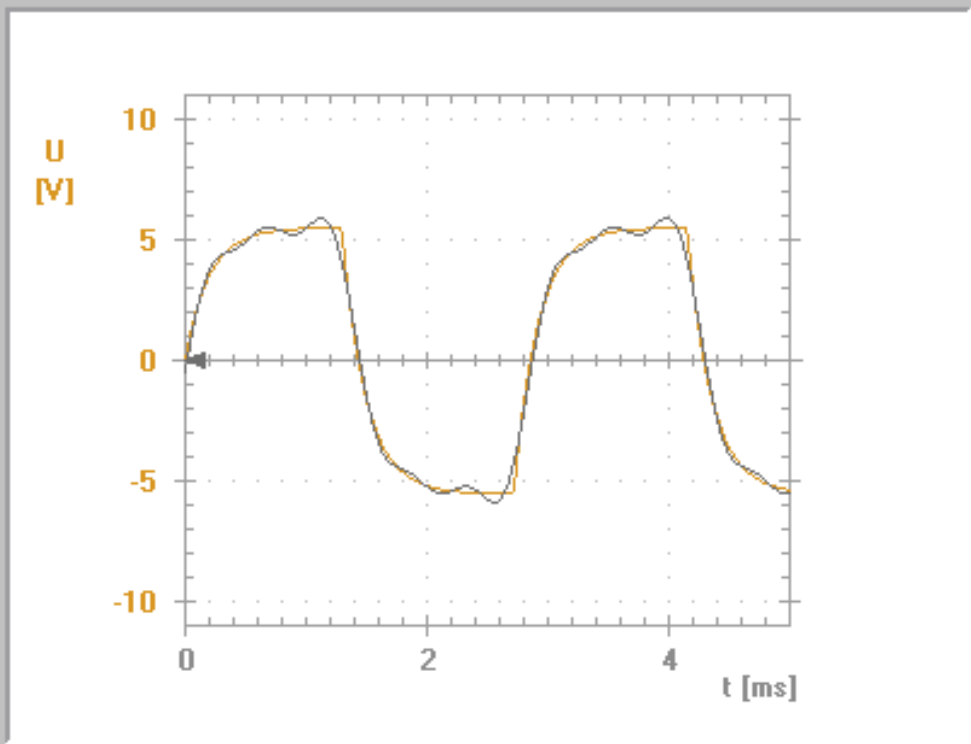
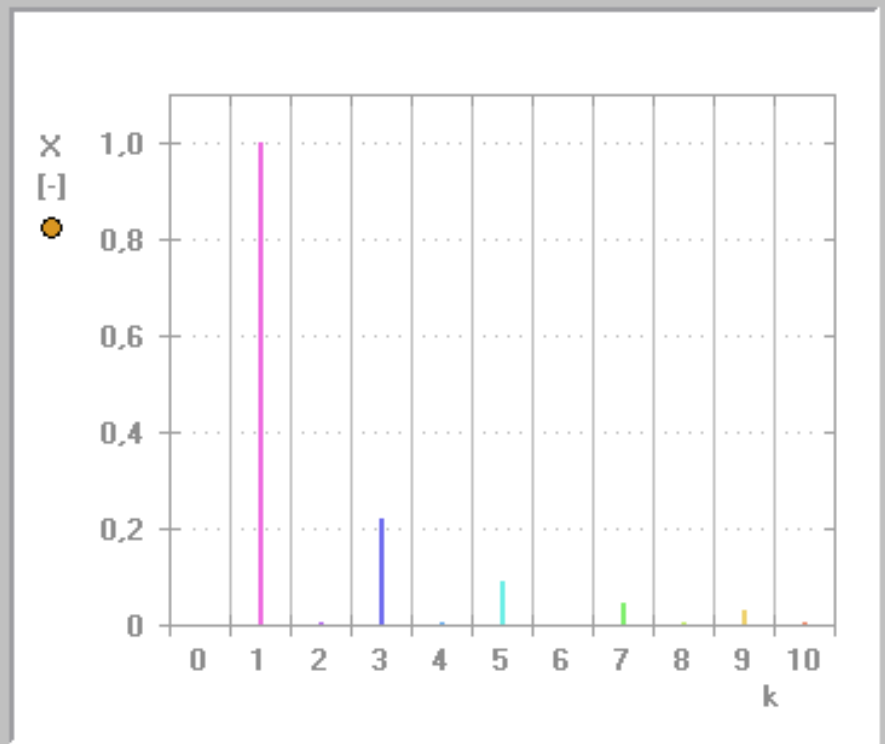
**View**   **Type**

**Scale**

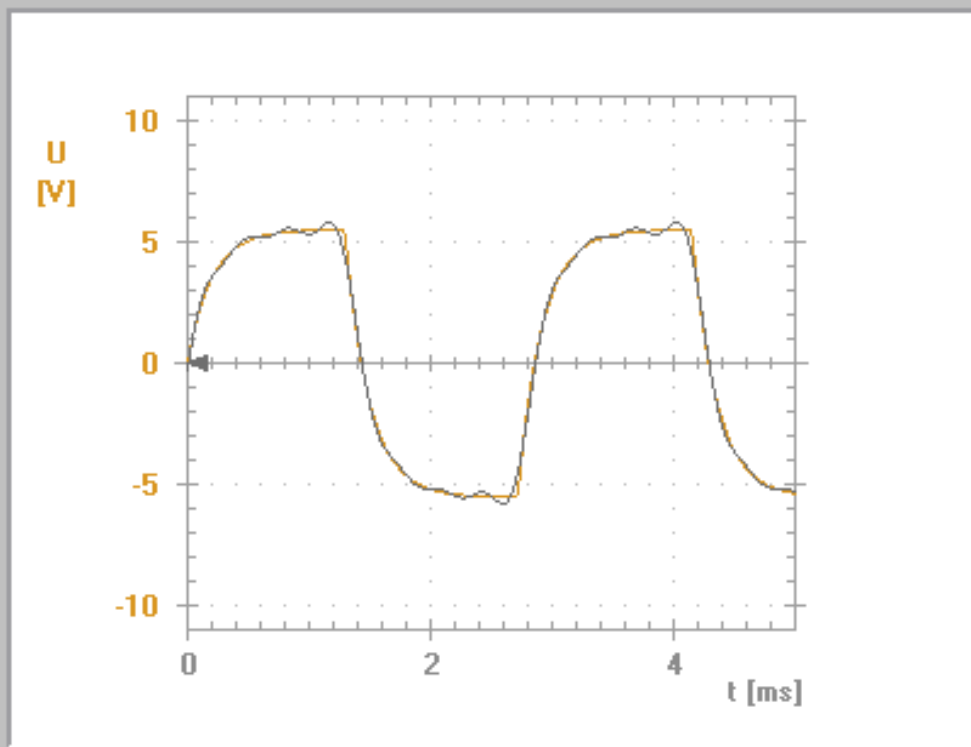
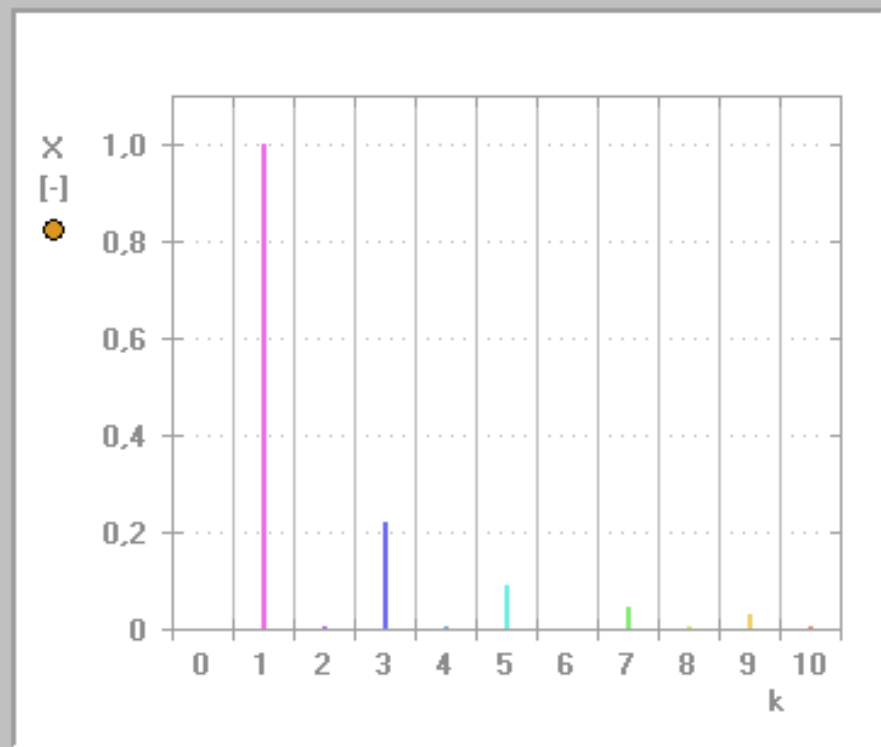


**Measurement**   **Time**   **Gain**   **Average**

            B1    B2    B3    B4             A          B

Legend		Edit	Delete	Function		Math		Status		File	
<span style="color: orange;">●</span> A	Kondenzátor 200nF			Trigger	Channel	Harmonic components				Open	
<span style="color: blue;">●</span> B	Rezistor 1k			Cursor	None	0.	1.	2.	Show Sum only	Save	
				Measure	<span style="color: orange;">●</span> A	3.	4.	5.			6.
				Math	<span style="color: blue;">●</span> B	7.	8.	9.	10.	Hide All	Exit
				Utility							

View				Type		Scale		Init
YT	XY	Phasor	Harmonic	Ampl	Phase	Lin	Log	



Measurement					Time	Gain		Average
Normal	Run	Single	Sequence	<input type="radio"/> B1 <input type="radio"/> B2 <input type="radio"/> B3 <input type="radio"/> B4 <input type="button" value="Clr"/>	<input type="button" value="Left"/> <input type="button" value="Right"/>	<span style="color: orange;">●</span> A <input type="button" value="Up"/> <input type="button" value="Down"/>	<span style="color: blue;">●</span> B <input type="button" value="Up"/> <input type="button" value="Down"/>	Off <input type="button" value="Up"/> <input type="button" value="Down"/>

Legend		Edit	Delete	Function	
<span style="color: orange;">●</span> A	Kondenzátor 200nF			Trigger	
<span style="color: blue;">●</span> B	Rezistor 1k			Cursor	
				Measure	
				Math	
				Utility	

Math	
Channel	Harmonic components
None	0. 1. 2. Show Sum only
<span style="color: orange;">●</span> A	3. 4. 5. 6. Show All
<span style="color: blue;">●</span> B	7. 8. 9. 10. Hide All

Status	
<input type="checkbox"/>	Stop
Trig	A  0,0V
Math	A

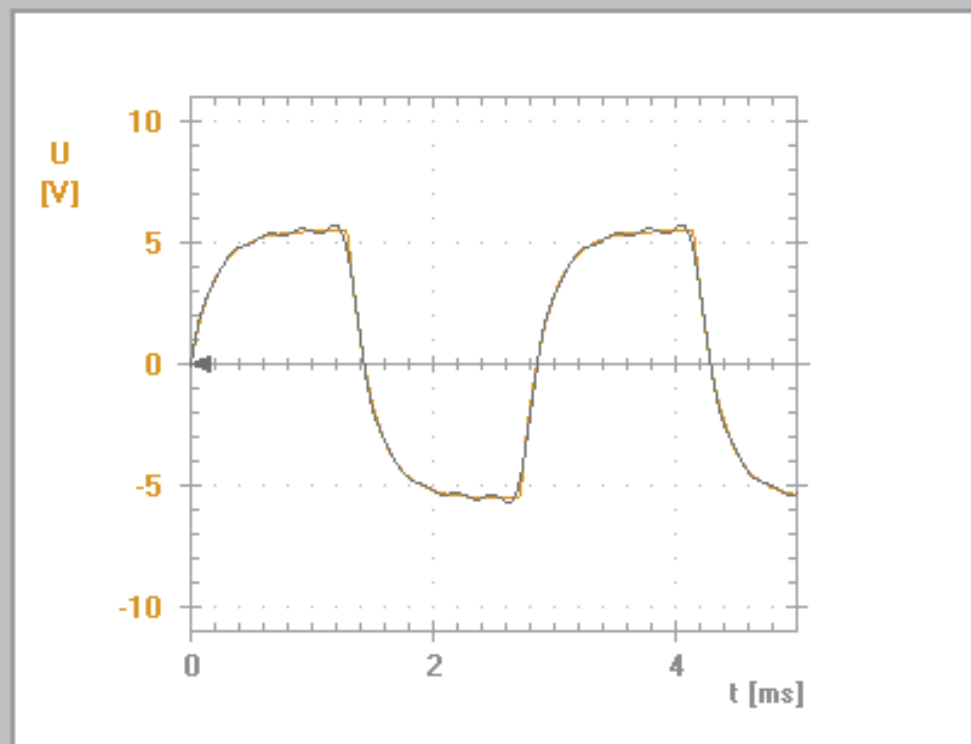
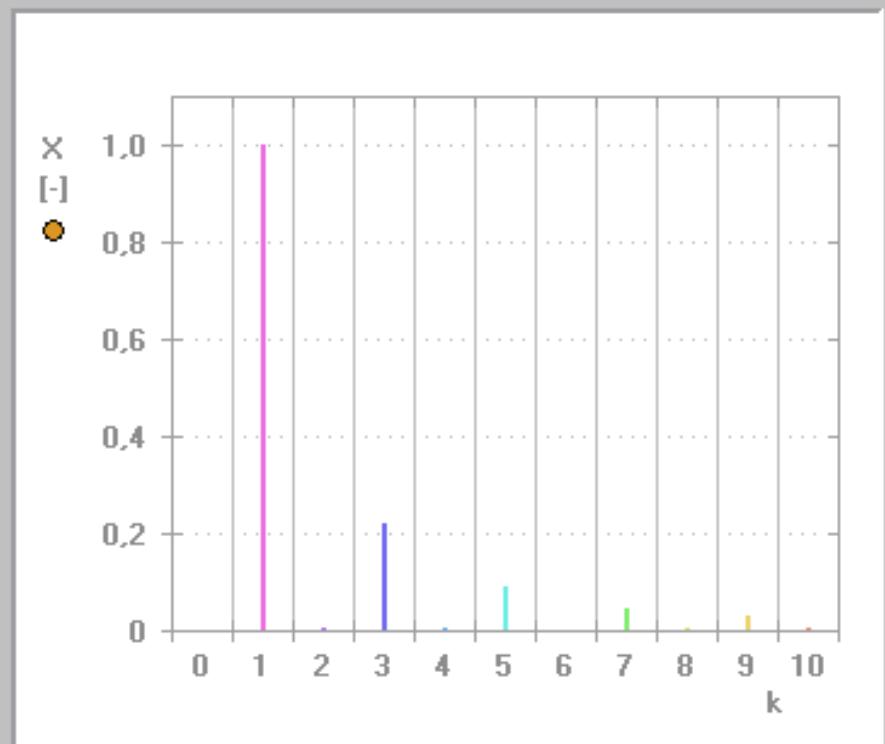
  

File	
Open	
Save	
Print	
Exit	

View				Type		Scale	
YT	XY	Phasor	Harmonic	Ampl	Phase	Lin	Log

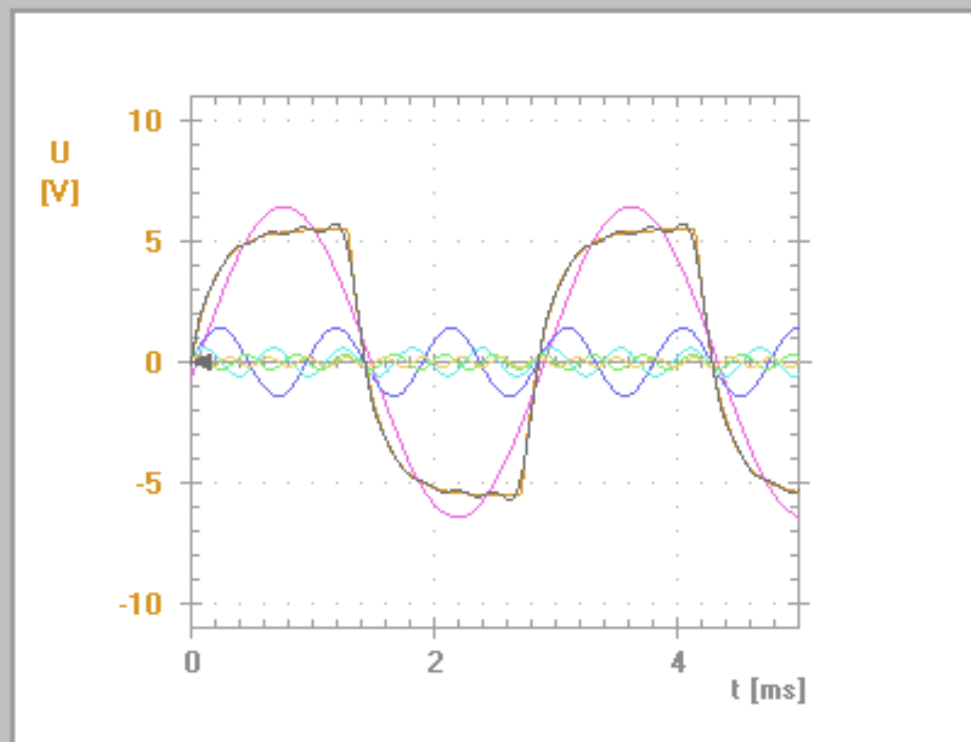
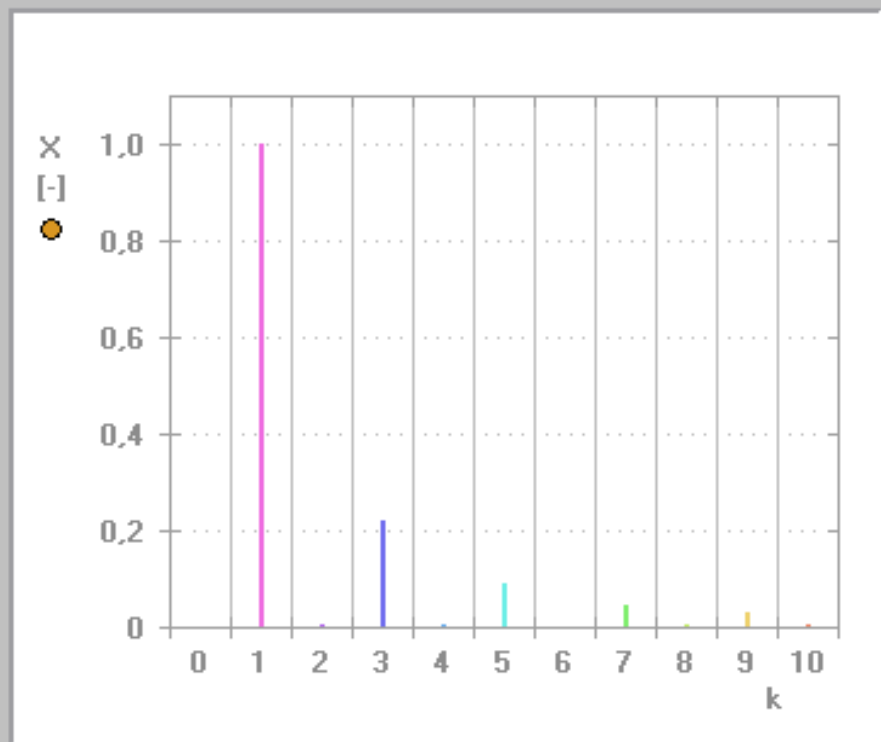
Init	
Init	



Measurement					Time		Gain		Average										
Normal	Run	Single	Sequence	<input type="radio"/> B1	<input type="radio"/> B2	<input type="radio"/> B3	<input type="radio"/> B4	Clr			<span style="color: orange;">●</span> A			<span style="color: blue;">●</span> B			Off		

Legend		Edit	Delete	Function		Math		Status		File			
<span style="color: orange;">●</span> A	Kondenzátor 200nF			Trigger	Channel	Harmonic components				<input type="checkbox"/> Stop	Open		
<span style="color: blue;">●</span> B	Rezistor 1k			Cursor	None	0.	1.	2.	Show Sum only			Save	
				Measure	<span style="color: orange;">●</span> A	3.	4.	5.	6.	Show All			Print
				Math	<span style="color: blue;">●</span> B	7.	8.	9.	10.	Hide All			Exit
				Utility									
										Trig	A  0,0V		
										Math	A		

View				Type		Scale		Init	
YT	XY	Phasor	Harmonic	Ampl	Phase	Lin	Log		



Measurement						Time		Gain				Average							
Normal	Run	Single	Sequence	<input type="radio"/> B1	<input type="radio"/> B2	<input type="radio"/> B3	<input type="radio"/> B4	Clr	◀	▶	<span style="color: orange;">●</span> A	▲	▼	<span style="color: blue;">●</span> B	▲	▼	Off	▲	▼

Legend	Edit	Delete
<span style="color: yellow;">●</span> A		Kondenzátor 200nF
<span style="color: blue;">●</span> B		Rezistor 1k

Function
Trigger
Cursor
Measure
Math
Utility

Math
Channel
None
<span style="color: yellow;">●</span> A
<span style="color: blue;">●</span> B
Harmonic components
0. 1. 2.
3. 4. 5. 6.
7. 8. 9. 10.
Show Sum only
Show All
Hide All

Status
<input type="checkbox"/> Stop
Trig A $\int$ 0,0V
Math B

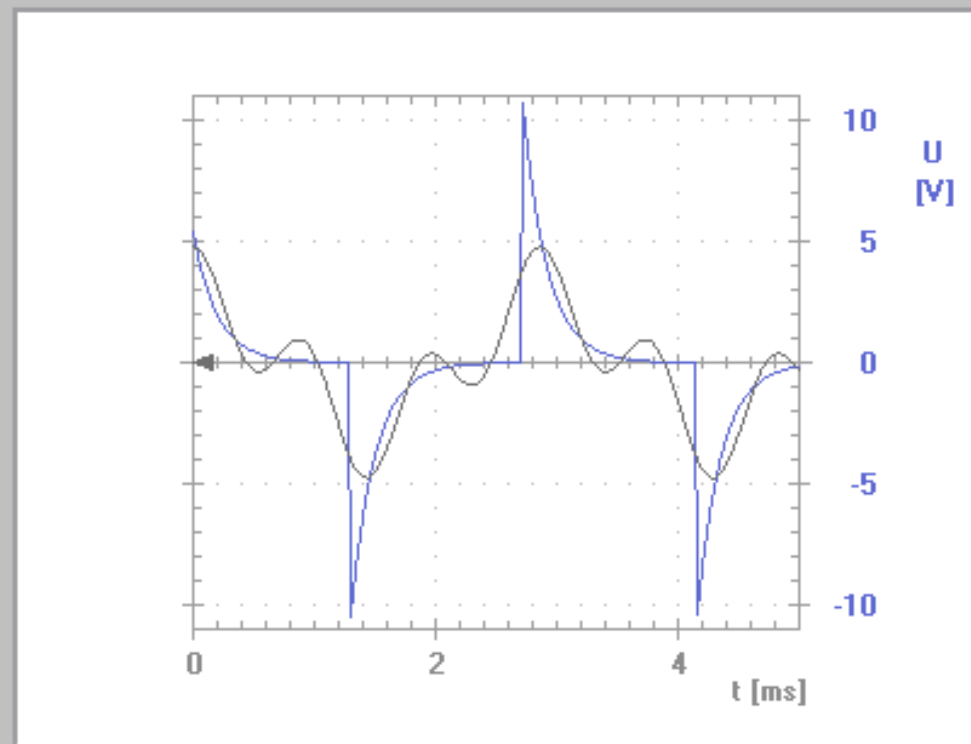
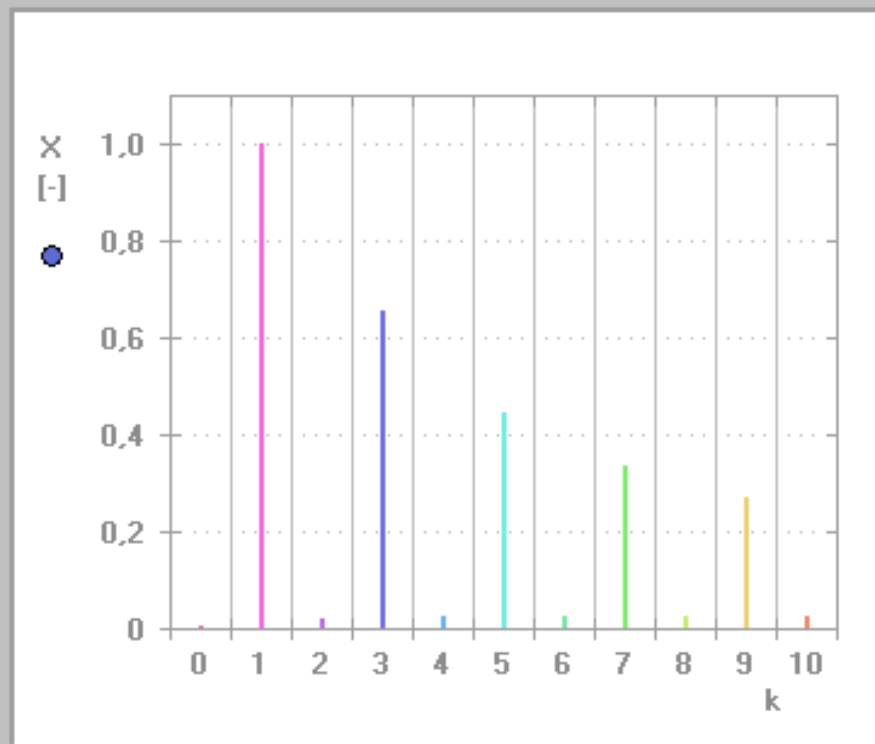
File
Open
Save
Print
Exit

View
YT
XY
Phasor
Harmonic

Type
Ampl
Phase

Scale
Lin
Log

Init



Measurement
Normal
Run
Single
Sequence
<input type="radio"/> B1
<input type="radio"/> B2
<input type="radio"/> B3
<input type="radio"/> B4
Clr

Time
◀ ▶

Gain
<span style="color: yellow;">●</span> A ▲ ▼
<span style="color: blue;">●</span> B ▲ ▼

Average
Off ▲ ▼

Legend	Edit	Delete
<span style="color: yellow;">●</span> A	Kondenzátor 200nF	
<span style="color: blue;">●</span> B	Rezistor 1k	

Function	Math
Trigger	Channel
Cursor	Harmonic components
Measure	0. 1. 2. Show Sum only
Math	3. 4. 5. 6. Show All
Utility	7. 8. 9. 10. Hide All

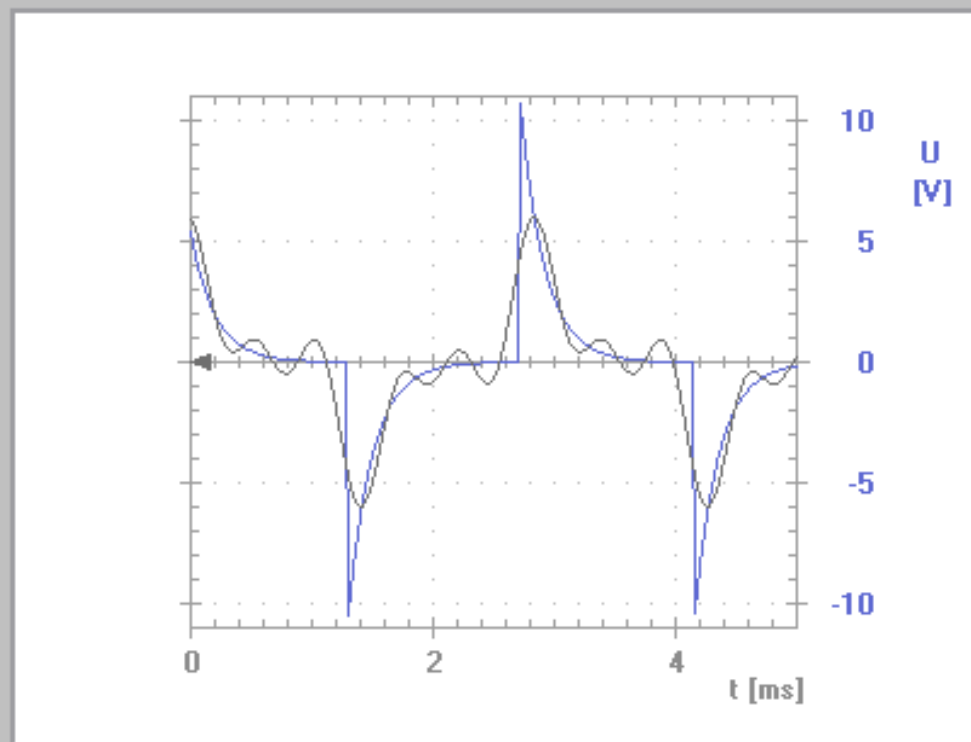
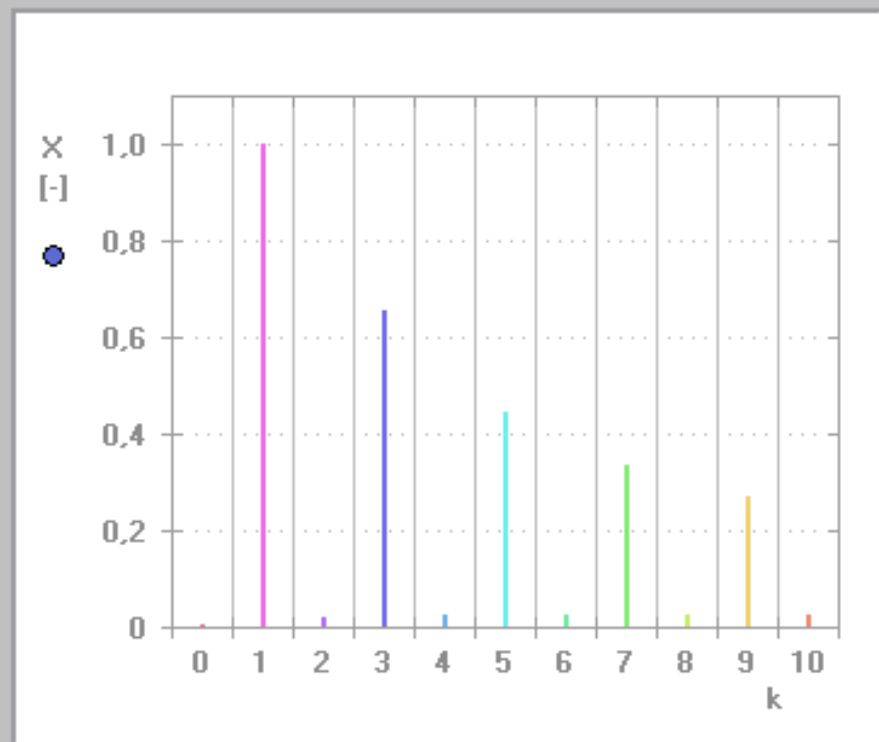
Status	File
<span style="color: red;">■</span> Stop	Open
Trig A  0,0V	Save
Math B	Print
	Exit

View			
YT	XY	Phasor	Harmonic

Type	
Ampl	Phase

Scale	
Lin	Log

Init



Measurement					
Normal	Run	Single	Sequence	<input type="radio"/> B1	<input type="radio"/> B2

Time

Gain	
<span style="color: yellow;">●</span> A	<span style="color: blue;">●</span> B

Average
Off

Legend		Edit	Delete	Function	
<span style="color: yellow;">●</span> A	Kondenzátor 200nF			Trigger	
<span style="color: blue;">●</span> B	Rezistor 1k			Cursor	
				Measure	
				Math	
				Utility	

Math	
Channel	Harmonic components
None	0. 1. 2.
<span style="color: yellow;">●</span> A	3. 4. 5. 6.
<span style="color: blue;">●</span> B	7. 8. 9. 10.
	Show Sum only
	Show All
	Hide All

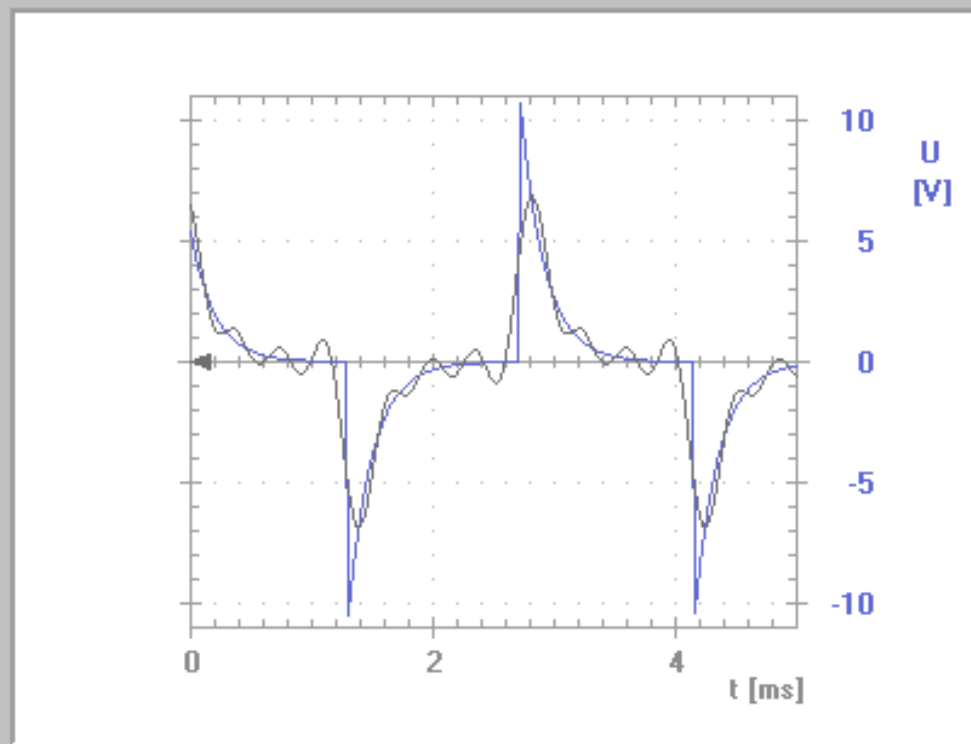
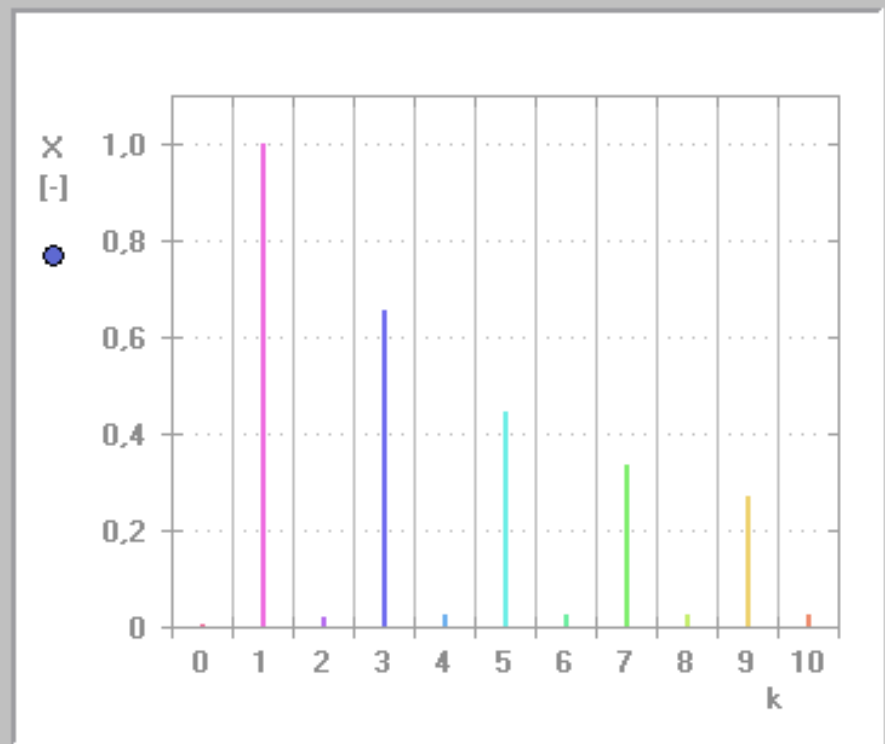
  

Status	
<span style="color: red;">■</span>	Stop
Trig	A $\int$ 0,0V
Math	B

File	
Open	
Save	
Print	
Exit	

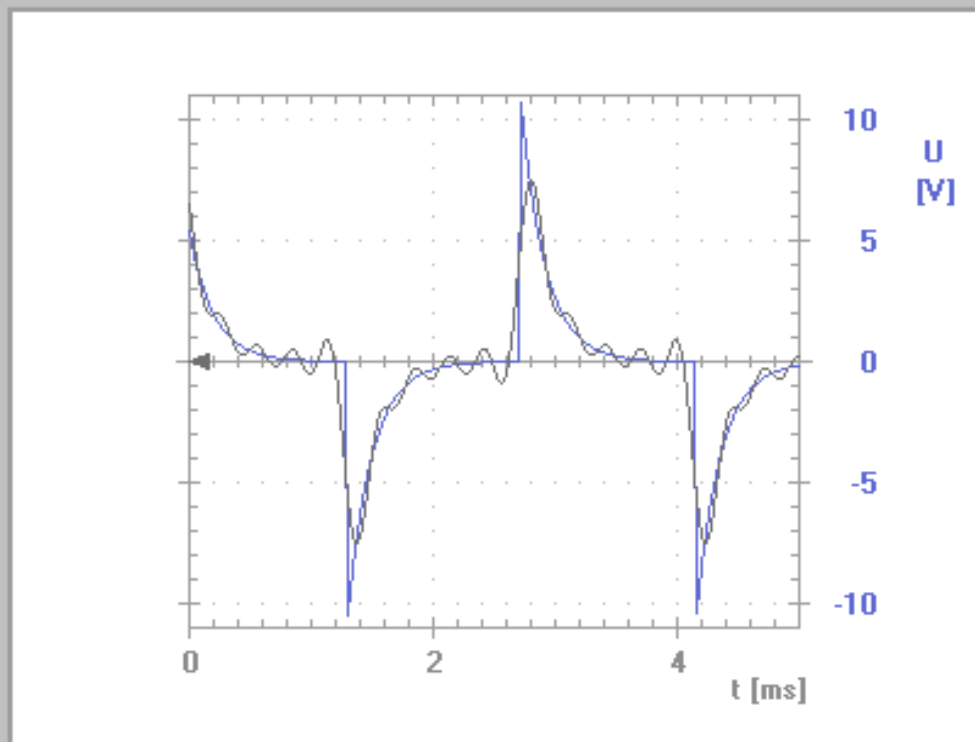
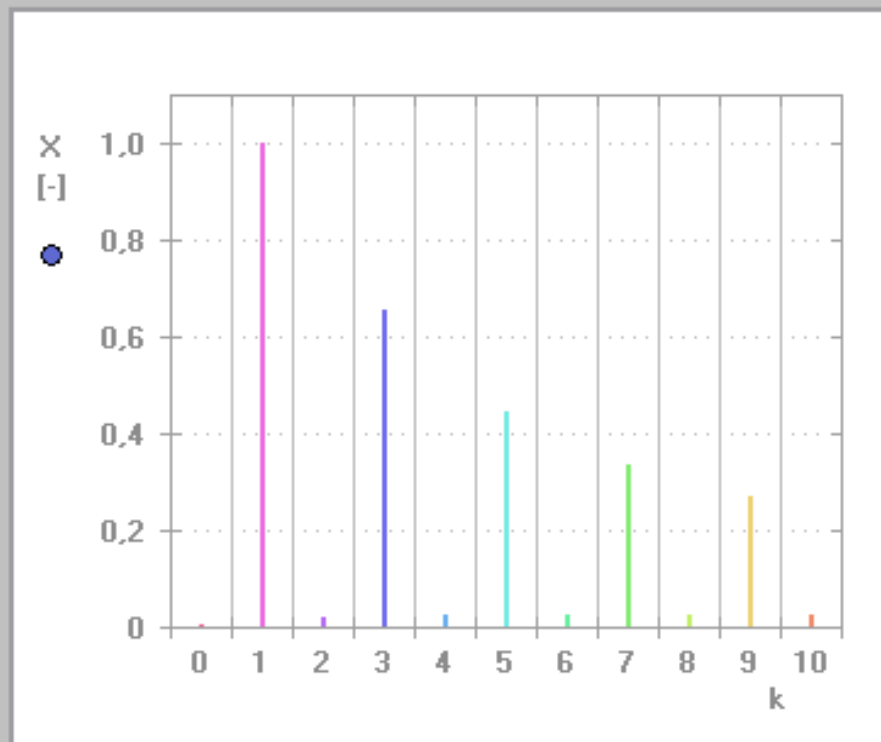
View				Type		Scale		Init
YT	XY	Phasor	Harmonic	Ampl	Phase	Lin	Log	



Measurement						Time		Gain		Average									
Normal	Run	Single	Sequence	<input type="radio"/> B1	<input type="radio"/> B2	<input type="radio"/> B3	<input type="radio"/> B4	Clr	←	→	<span style="color: yellow;">●</span> A	▲	▼	<span style="color: blue;">●</span> B	▲	▼	Off	▲	▼

Legend		Edit	Delete	Function		Math		Status		File	
<span style="color: orange;">●</span> A	Kondenzátor 200nF			Trigger	Channel	Harmonic components				Open	
<span style="color: blue;">●</span> B	Rezistor 1k			Cursor	None	0.	1.	2.	Show Sum only	Save	
				Measure	<span style="color: orange;">●</span> A	3.	4.	5.			6.
				Math	<span style="color: blue;">●</span> B	7.	8.	9.	10.		Hide All
				Utility							
										Exit	

View				Type		Scale		Init
YT	XY	Phasor	Harmonic	Ampl	Phase	Lin	Log	



Measurement						Time		Gain				Average							
Normal	Run	Single	Sequence	<input type="radio"/> B1	<input type="radio"/> B2	<input type="radio"/> B3	<input type="radio"/> B4	Clr	◀	▶	<span style="color: orange;">●</span> A	▲	▼	<span style="color: blue;">●</span> B	▲	▼	Off	▲	▼

Legend	Edit	Delete
<span style="color: orange;">●</span> A	Kondenzátor 200nF	
<span style="color: blue;">●</span> B	Rezistor 1k	

Function	Math
Trigger	Channel
Cursor	Harmonic components
Measure	0. 1. 2. Show Sum only
Math	3. 4. 5. 6. Show All
Utility	7. 8. 9. 10. Hide All

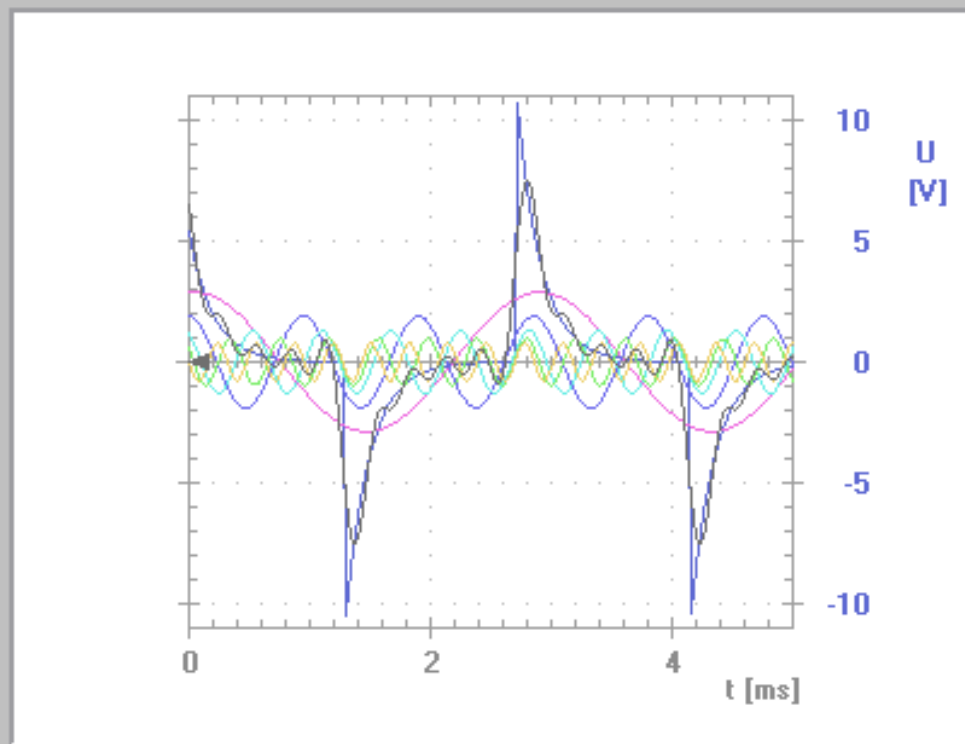
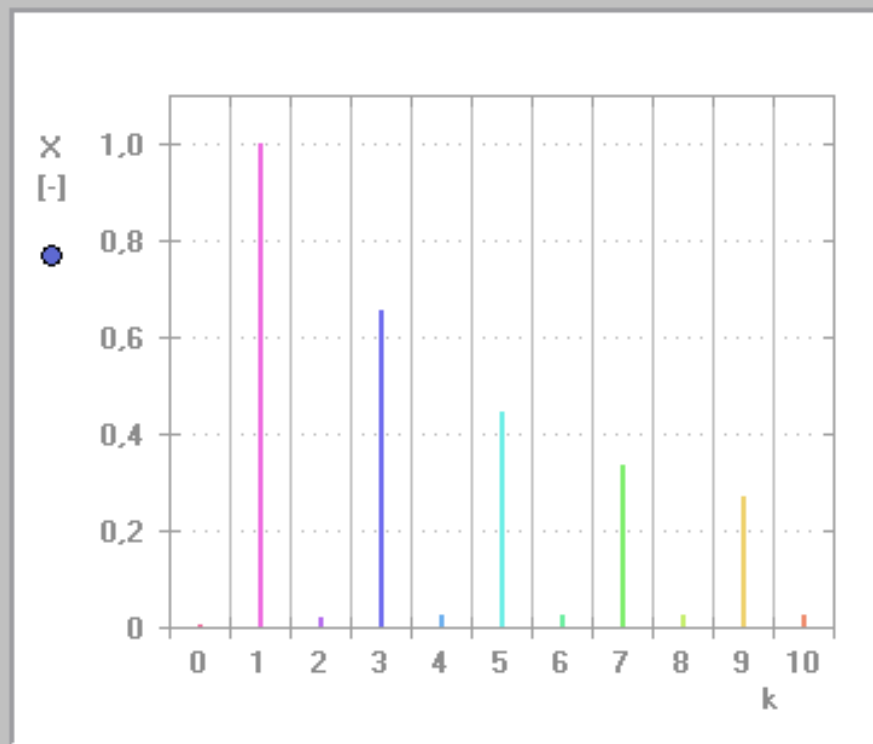
Status	File
<span style="color: red;">■</span> Stop	Open
Trig A  0,0V	Save
Math B	Print
	Exit

View
YT
XY
Phasor
<b>Harmonic</b>

Type
Ampl
Phase

Scale
Lin
Log

Init



Measurement
Normal
Run
Single
<b>Sequence</b>
<input type="radio"/> B1
<input type="radio"/> B2
<input type="radio"/> B3
<input type="radio"/> B4
Clr

Time
◀ ▶

Gain
<span style="color: orange;">●</span> A ▲ ▼ <span style="color: blue;">●</span> B ▲ ▼

Average
Off ▲ ▼

## 9 Použité přístroje

- Programovatelný generátor sinusového a obdélníkového napětí
- Kapacitní dekáda (1 nF - 999 nF)
- Rezistor 1 k $\Omega$
- Měřicí systém rc2000 -  $\mu$ LAB (A&DDU jednotka, zdroj 5 V/3 A, napájecí kabely – 1× červený, 1× zelený)
- Propojovací pole
- PC + program RC 2000
- Vodiče + propojovací sondy

## 10 Závěr

Uveďte, čím jsou způsobeny rozdíly mezi naměřenými a vypočtenými hodnotami. Provedte podrobné zhodnocení harmonické analýzy a syntézy.

## 11 Seznam použité literatury

- [1] Láníček, R.: Elektronika - obvody - součástky – děje, 1. vydání, březen 2002, ISBN 80-86056-25-2
- [2] Vlastní zdroje