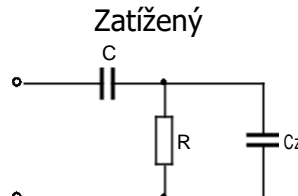
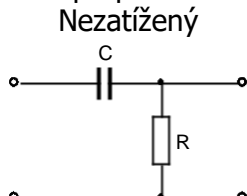




Jméno a příjmení:	Třída:	Skupina:
<b>LABORATORNÍ CVIČENÍ Z ELEKTROTECHNICKÝCH MĚŘENÍ</b>		
Název úlohy: <b>Měření horní propusti, dolní propusti, pásmové zadržky a pásmové propusti na systému RC2000</b>		Č. úlohy:
Zkoušený předmět: <b>Integrační člen, derivační člen, Wienův článek, T-článek</b>		
Datum měření:	Počet stran:	
Datum odevzdání:	Počet grafických příloh:	
Podpis žáka:	Klasifikace:	
<p>Zadání, schéma, měřicí přístroje, rozbor úlohy, postup měření, zpracování měření, hodnocení výsledků</p> <p><b>ZADÁNÍ</b></p> <p>Změřte charakteristiku:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Derivační RC článek</li> <li>2) Derivační RC článek zatížený kondenzátorem</li> <li>3) Integrační článek</li> <li>4) Integrační článek zatížený rezistorem</li> <li>5) Wienův článek</li> <li>6) Přemostěný T článek s <math>n=1</math></li> <li>7) Zatížený T článek s <math>n=9</math></li> </ol> <p>U každého článku odečtěte mezní kmitočet, u pásmových propustí resp. zadržky šířku pásma a střední kmitočet. Zjištěné hodnoty ověřte početně.</p> <p><b>ROZBOR:</b></p> <p>Všechny měřené články jsou dvojbrany. Nejdůležitější vlastností dvojbranu je jeho napěťový přenos, který značíme <math>A_u</math>. Vypočítáme ho jako poměr vstupního a výstupního napětí, tedy</p> $A_u = \frac{U_2}{U_1} \text{ kde } U_2 \text{ je výstupní napětí a } U_1 \text{ vstupní.}$ <p>Přenos je číslo závislé na kmitočtu a můžeme ho tedy vyjádřit v komplexním tvaru:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– složkovém <math display="block">A = Re + j Im</math> <p>Hodnoty reálné a imaginární části můžeme vypočítat z exponenciálního tvaru:</p> <math display="block">Re =  A  \cos</math> <math display="block">Im =  A  \sin</math> </li> <li>– exponenciálním <math display="block">A =  A  e^{j\phi}</math> <p>Jeho absolutní hodnotu a fázi vypočítáme z následujících vztahů:</p> <math display="block"> A  = \sqrt{Re^2 + Im^2}</math> <math display="block">\phi = \arcsin \frac{Im}{Re}</math> </li> </ul> <p>Představu o chování článku ve střídavých obvodech získáme nejlépe z grafického znázornění kmitočtové závislosti přenosu.</p> <p>Používají se dva různé způsoby:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Dvojice frekvenčních charakteristik – logaritmická amplitudová frekvenční charakteristika a logaritmická fázová frekvenční charakteristika.</li> <li>– Fázorová a komplexní charakteristika</li> </ul>		

## Derivační RC článek

Článek je horní propust'.



Obecný vztah pro výpočet přenosu a mezní frekvence u nezatíženého článku:

$$A = \frac{U_2}{U_1} = \frac{R}{R + X_C} = \frac{R}{R + \frac{1}{jC}} = \frac{jCR}{1 + jCR} = \underline{\underline{\frac{j}{1 + j}}}$$

$$f_M = \frac{1}{2\pi RC}$$

Obecný vztah pro výpočet přenosu a mezní frekvence u zatíženého článku:

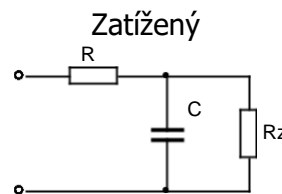
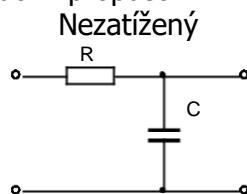
$$Z_2 = \frac{1}{\frac{1}{R} + \frac{1}{X_{Cz}}} = \frac{1}{\frac{1}{R} + \frac{1}{-jCz}} = \frac{1}{\frac{1}{R} - \frac{j}{Cz}}$$

$$A = \frac{U_2}{U_1} = \frac{Z_2}{X_C + Z_2}$$

$$f_M = \frac{1}{2\pi RC Cz}$$

## Integrační RC článek

Článek je dolní propust'.



Obecný vztah pro výpočet přenosu a mezní frekvence nezatíženého článku:

$$A = \frac{U_2}{U_1} = \frac{X_C}{R + X_C} = \frac{\frac{1}{jC}}{R + \frac{1}{jC}} = \frac{1}{1 + jCR} = \underline{\underline{\frac{1}{1 + j}}}$$

$$f_M = \frac{1}{2\pi RC}$$

Obecný vztah pro výpočet přenosu a mezní frekvence zatíženého článku:

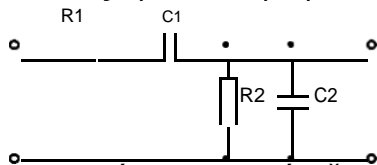
$$Z_2 = \frac{1}{\frac{1}{Rz} + \frac{1}{X_C}} = \frac{1}{\frac{1}{Rz} + \frac{1}{-jC}} = \frac{1}{\frac{1}{Rz} - \frac{j}{C}}$$

$$A = \frac{U_2}{U_1} = \frac{Z_2}{R + Z_2}$$

$$f_M = \frac{1}{2\pi R \cdot \frac{Rz}{Rz - 1} \cdot C}$$

## Wienův člunek

Člunek je pásmová propust'



Obecný vztah pro výpočet přenosu a střední frekvence:

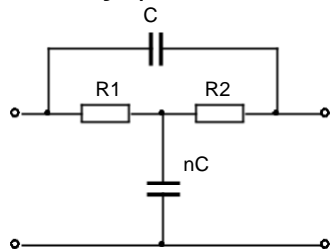
$$Z_1 = R_1 \quad X_{C1} = \frac{1}{jC} \quad Z_2 = \frac{1}{\frac{1}{R_2} + \frac{1}{X_{C2}}} = \frac{1}{\frac{1}{R_2} + \frac{j\omega}{1}}$$

$$A = \frac{U_2}{U_1} = \frac{Z_2}{Z_1} = \frac{1}{1 + j\omega R_2 C_1}$$

$$f_{STR} = \frac{1}{2C_1 C_2 R_1 R_2}$$

## T-člunek

Člunek je pásmová zadrž



Je možné vyměnit navzájem rezistory a kondenzátory tak, že kondenzátory budou poté stejné a horní rezistor bude  $n \cdot R$  spodního rezistoru.

Obecný vztah pro výpočet střední frekvence

$$f_{STR} = \frac{n}{2RC}$$

## NAMĚŘENÉ A VYPOČÍTANÉ HODNOTY:

### 1) Derivační RC

článek  $R = 10\text{k}\Omega$

$C = 10\text{nF}$

Naměřená mezní frekvence  $f_M =$

$1594\text{Hz}$  Výpočet mezní frekvence:

$$f_M = \frac{1}{2\pi RC} = \frac{1}{2 \cdot 10 \cdot 10^{-3} \cdot 10 \cdot 10^{-9}} = 1591\text{Hz}$$

Charakteristiky viz. Graf. příloha 1

### 2) Derivační RC článek zatížený

kondenzátorem  $R = 10\text{k}\Omega$

$C = 100\text{nF}$

$C_Z = 100\text{nF}$

Naměřená mezní frekvence  $f_M =$

$80\text{Hz}$  Výpočet mezní frekvence:

$$f_M = \frac{1}{2\pi RC C_Z} = \frac{1}{2 \cdot 10 \cdot 10^3 \cdot 100 \cdot 10^{-9} \cdot 100 \cdot 10^{-9}} = 79\text{Hz}$$

Charakteristiky viz. Graf. příloha 2

### 3) Integrační

článek  $R = 10\text{k}\Omega$

$C = 100\text{nF}$

Naměřená mezní frekvence  $f_M =$

$157\text{Hz}$  Výpočet mezní frekvence:

$$f_M = \frac{1}{2\pi RC} = \frac{1}{2 \cdot 10 \cdot 10^{-3} \cdot 100 \cdot 10^{-9}} = 159\text{Hz}$$

Charakteristiky viz. Graf. příloha 3

### 4) Integrační článek zatížený rezistorem

$R = 10\text{k}\Omega$

$C = 100\text{nF}$

$R_Z = 10\text{k}\Omega$

Naměřená mezní frekvence  $f_M = 316\text{Hz}$

Výpočet mezní frekvence:

$$f_M = \frac{1}{2\pi R^{-1} R_Z^{-1} \cdot C} = \frac{1}{2 \cdot 10 \cdot 10^3 \cdot 10 \cdot 10^3 \cdot 10^{-9} \cdot 100 \cdot 10^{-9}} = 318\text{Hz}$$

Charakteristiky viz. Graf. příloha 4

### 5) Wienův článek

$C = 100\text{nF}$

$R = 10\text{k}\Omega$

Naměřený střední kmitočet  $f_{STR} = 157\text{Hz}$

Výpočet středního kmitočtu:

$$f_{STR} = \frac{1}{2\pi C_1 C_2 R_1 R_2} = \frac{1}{2 \cdot 100 \cdot 10^{-9} \cdot 10 \cdot 10^3} = 159\text{Hz}$$

$f_{ML} = 49\text{Hz}$

... Mezní kmitočet zleva

$f_{MR} = 532\text{Hz}$

... Mezní kmitočet zprava

$\Delta f = 483\text{Hz}$

... Šířka pásma

Charakteristiky viz. Graf. příloha 5

6) Přemostěný T článek s

$$n=1 \quad R = 10\text{k}\Omega$$

$$C = 100\text{nF}$$

$$n = 1$$

$$\text{Naměřený střední kmitočet } f_{\text{STR}} = 157\text{Hz}$$

Výpočet středního kmitočtu:

$$f_{\text{STR}} = \frac{\overline{n}}{2 \cdot R \cdot nC} = \frac{1}{2 \cdot 10 \cdot 10^3 \cdot 100 \cdot 10^{-9}} = \underline{\underline{159\text{Hz}}}$$

$$f_{\text{ML}} = 96\text{Hz}$$

$$f_{\text{MR}} = 264\text{Hz}$$

$$\Delta f = 168\text{Hz}$$

Charakteristiky viz. Graf. Příloha 6

7) Zatížený T článek s

$$n=9 \quad R = 10\text{k}\Omega$$

$$C = 11\text{nF}$$

$$n = 9$$

$$\text{Naměřená střední hodnota } f_{\text{STR}} = 486\text{Hz}$$

Výpočet střední hodnoty:

$$f_{\text{STR}} = \frac{\overline{n}}{2 \cdot R \cdot nC} = \frac{9}{2 \cdot 10 \cdot 10^3 \cdot 100 \cdot 10^{-9}} = \underline{\underline{477\text{Hz}}}$$

$$f_{\text{ML}} = 123\text{Hz}$$

$$f_{\text{MR}} = 1840\text{Hz}$$

$$\Delta f = 1717\text{Hz}$$

Charakteristiky viz. Graf. Příloha 7

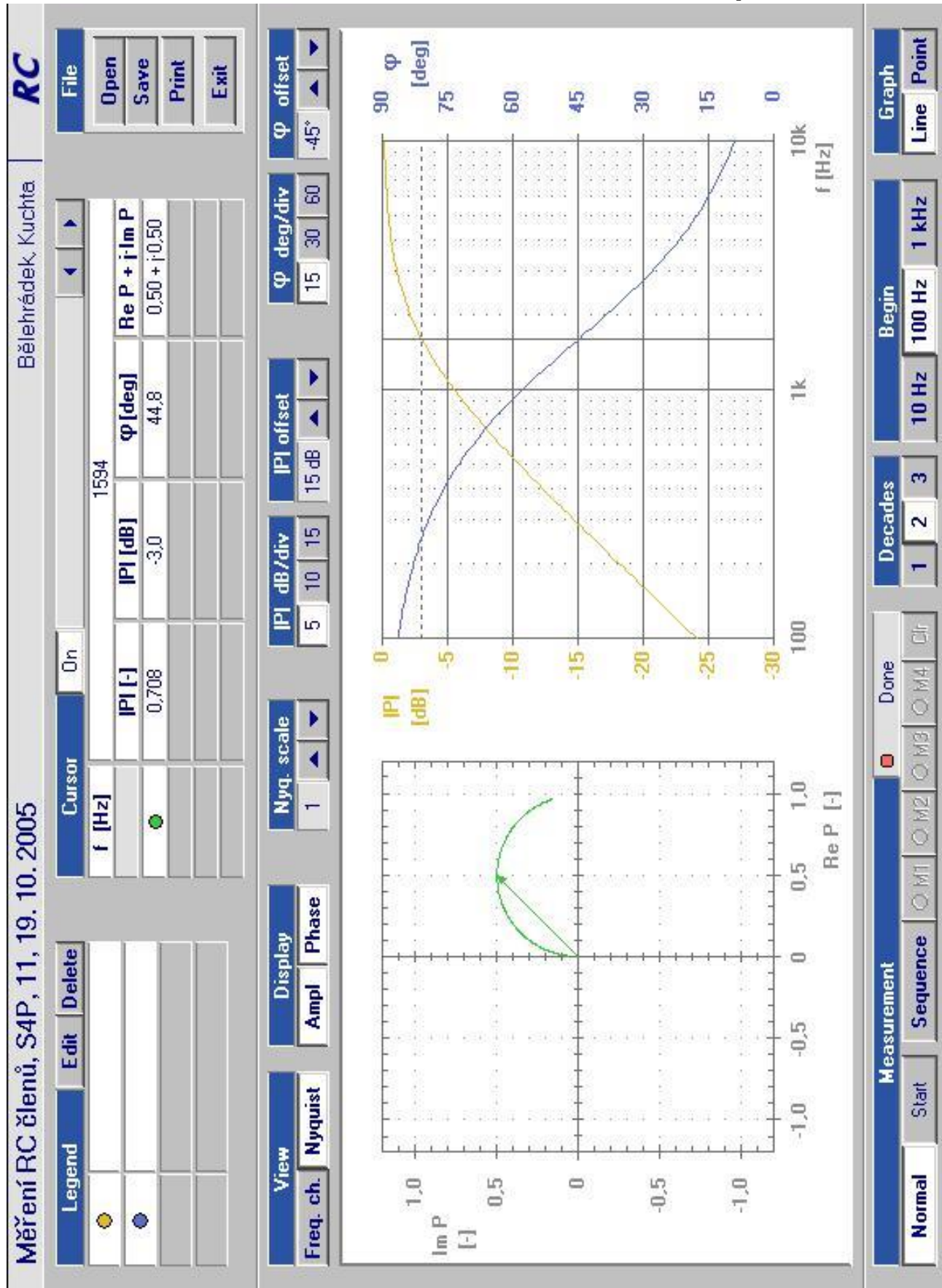
## ZÁVĚR

U všech výpočtem kontrolovaných kmitočtů vyšla odchylka do 10Hz, což ukazuje na docela velkou přesnost systému RC2000. Tato odchylka může být způsobena např. nekvalitními součástkami, parazitní kapacitou, chybou při přenosu signálu, špatnými kontakty, ...

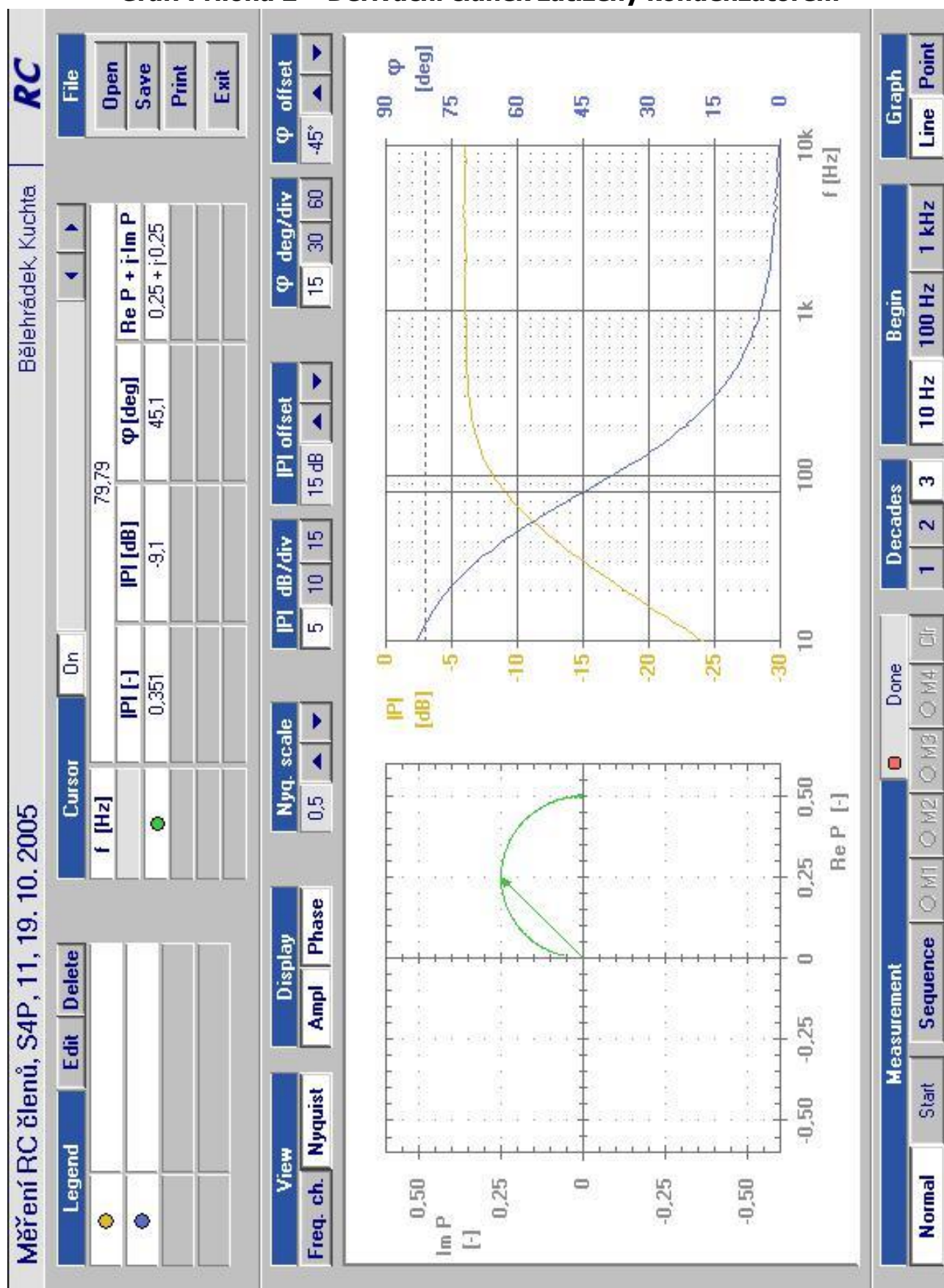
Při zatížení článu se v případě derivačního mezní kmitočet snížil. V případě integračního se mezní kmitočet zvýšil.

Pokud u T-článu zvětšujeme  $n$ , spád charakteristiky se zužuje (článek je kvalitnější), ale při krajních kmitočtech je její spád mírnější, proto vyšla při měření šířka pásma větší.

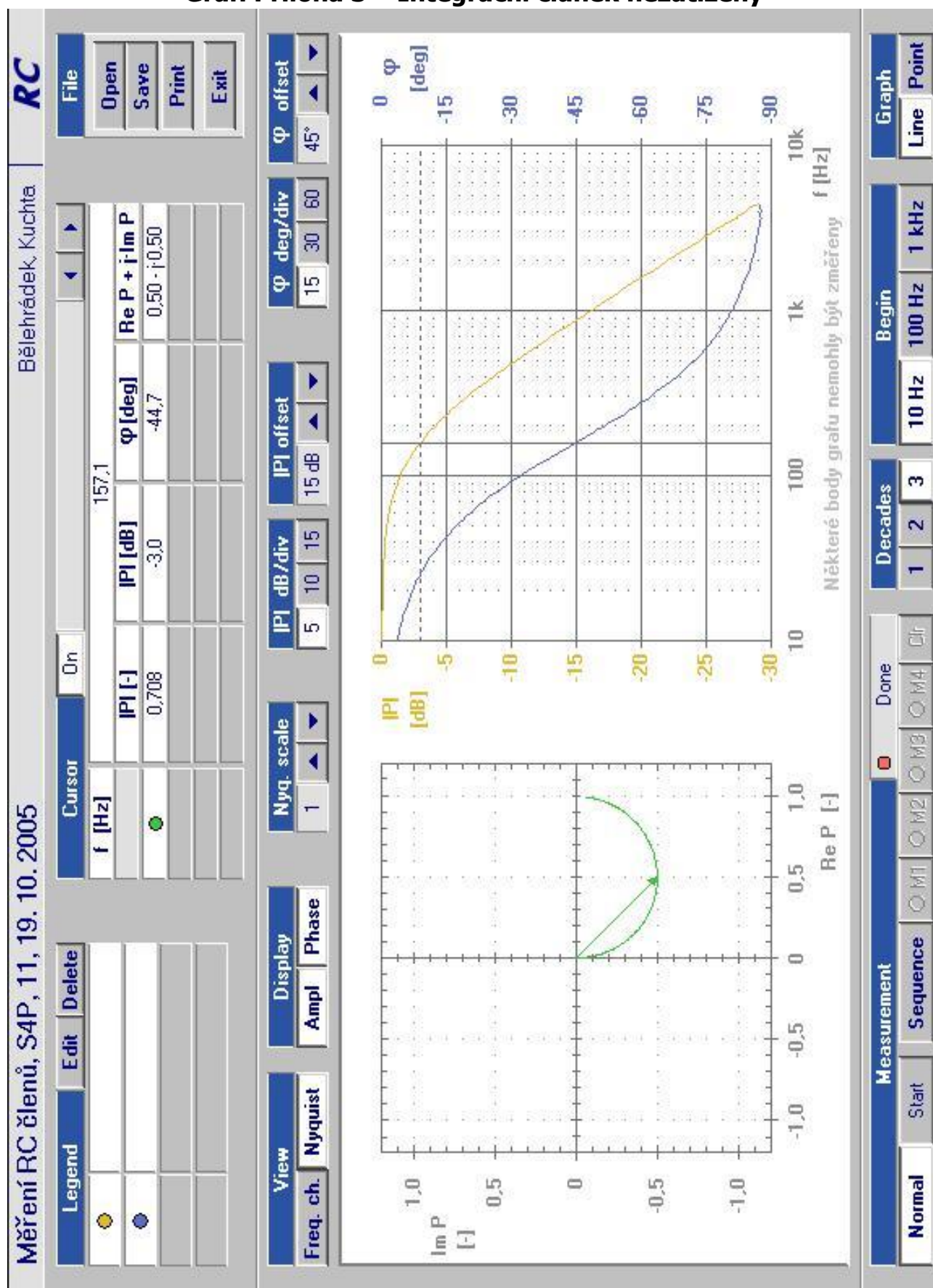
Graf. Příloha 1 – Derivační člunek nezatížený



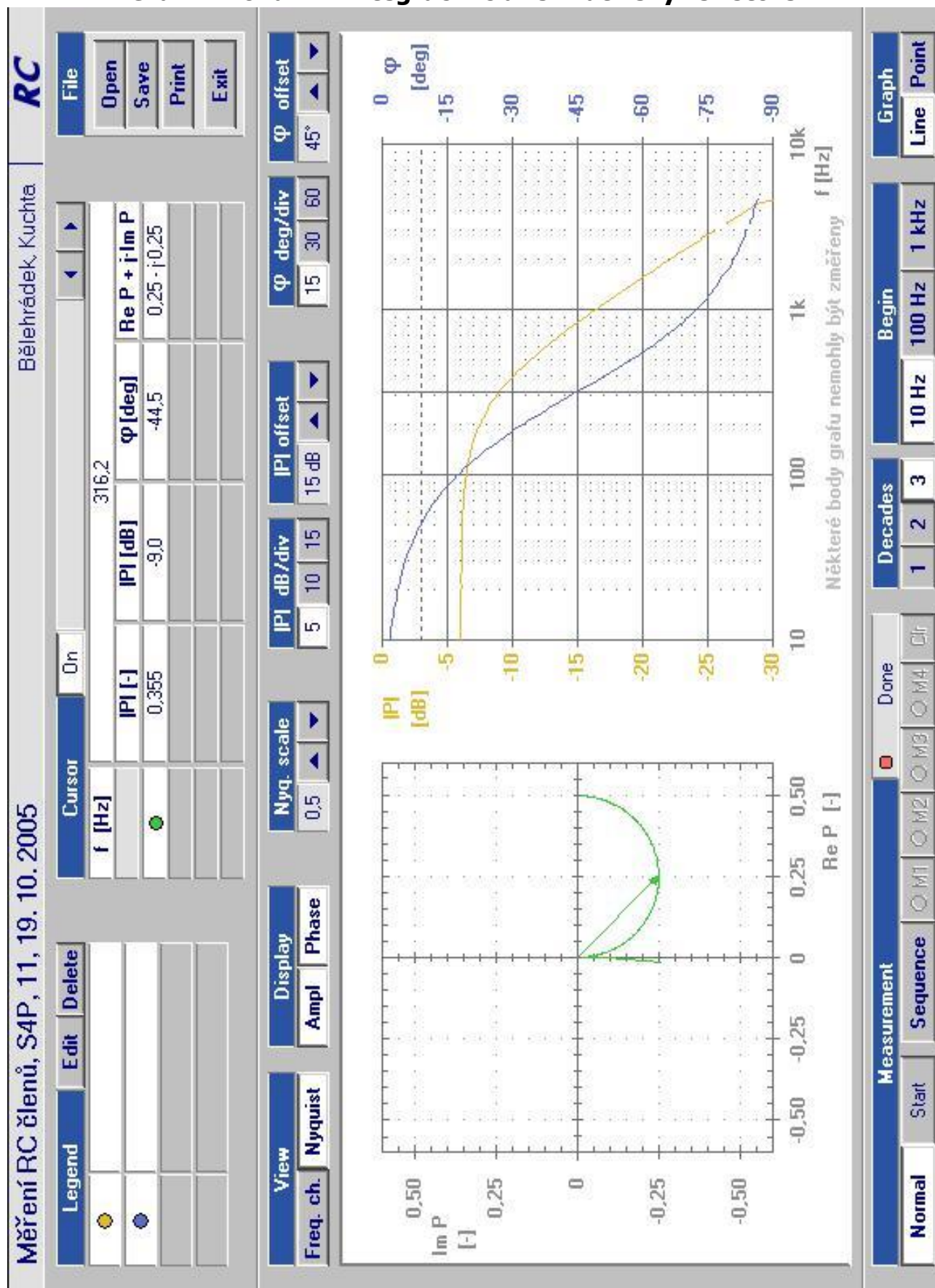
Graf. Příloha 2 – Derivační článek zatížený kondenzátorem



Graf. Příloha 3 – Integroční článek nezatížený



Graf. Příloha 4 – Integrační článek zatížený rezistorem



Legend Edit Delete


Cursor On

f [Hz]				157,1
IP [-]	0,331	IP [dB]	-9,6	Re P + i Im P
		φ [deg]	0,3	0,33 + i 0,00

File

 Open  
 Save  
 Print  
 Exit

View

Freq. ch. Nyquist

Display

Ampl Phase

Nyq. scale

1

IP [dB/div]

5 10 15 15 dB

IP offset

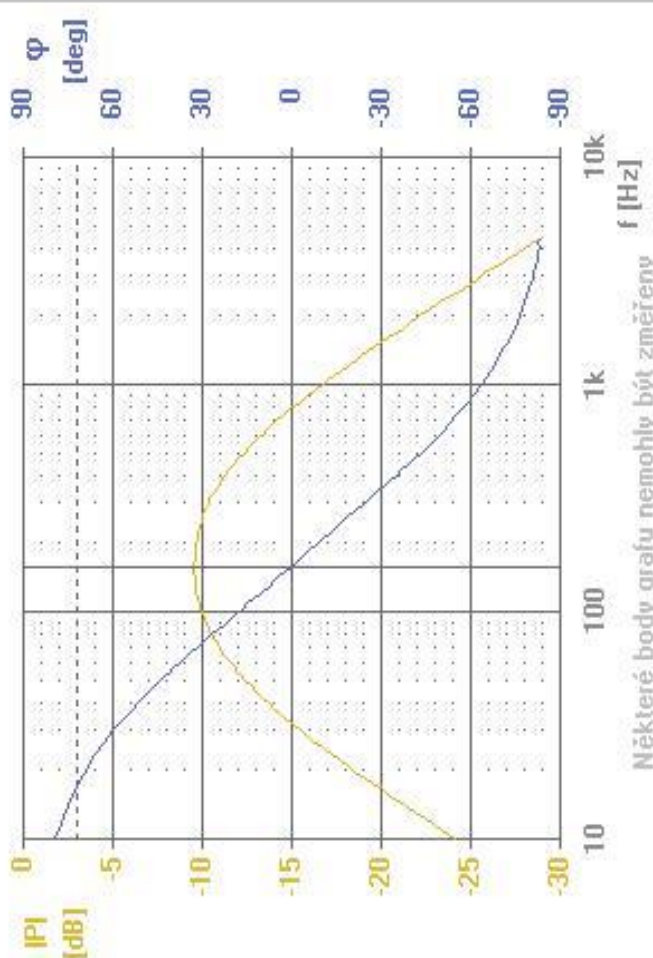
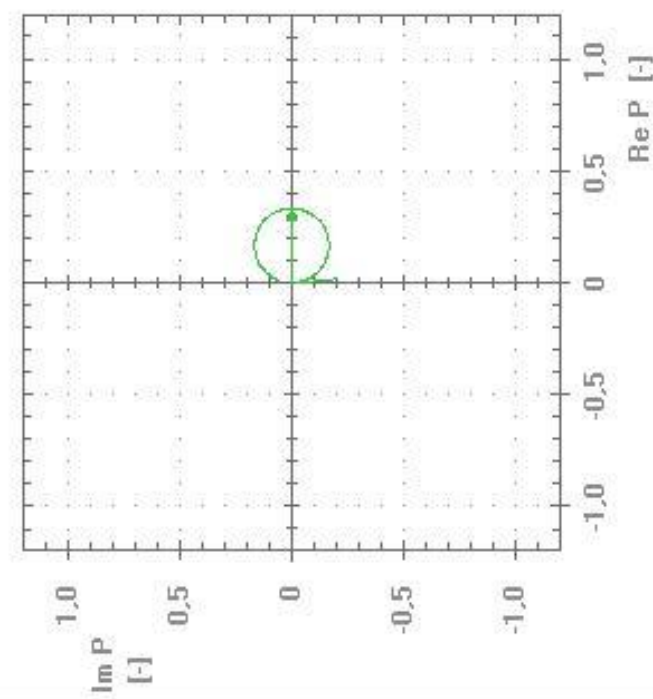
15 dB

φ deg/div

15 30 60

φ offset

0°



Některé body grafu nemohly být změřeny

Measurement

Normal

Start

Sequence

M1 M2 M3 M4

Clr

Done

Decades

1

2

3

Begin

10 Hz

100 Hz

1 kHz

Graph

Line

Point

Legend Edit Delete



Cursor On

f [Hz]

157,1

|P| [-]

0,668

|P| [dB]

-3,5

 $\varphi$  [deg]

-0,1

Re P + i Im P

0,67 - i0,00

File

Open

Save

Print

Exit

View

Freq. ch. Nyquist

Display

Ampl Phase

Nyq. scale

1

|P| dB/div

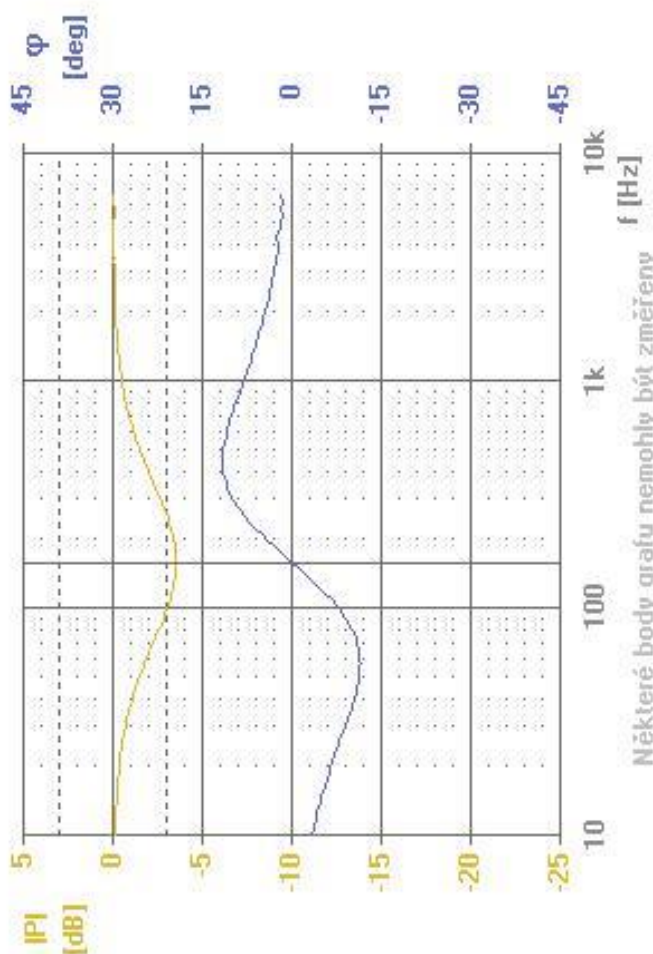
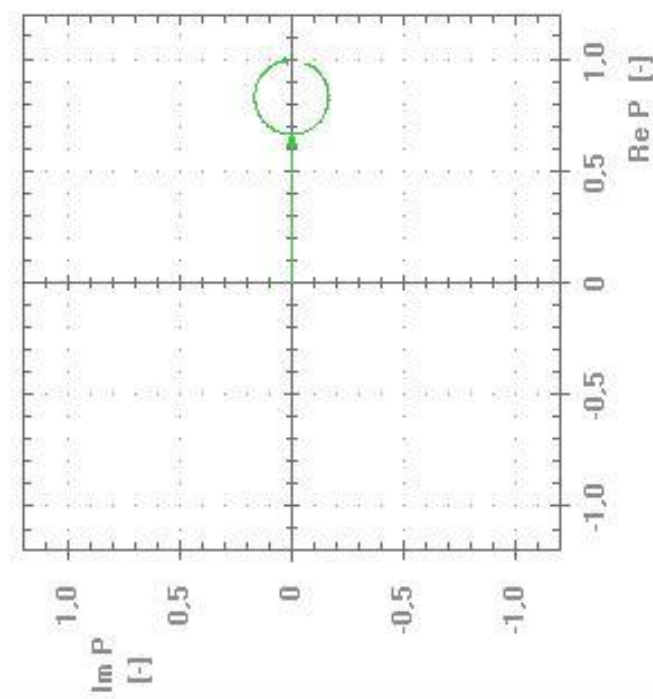
5 10 15

 $\varphi$  deg/div

15 30 60

 $\varphi$  offset

0°



Některé body grafu nemohly být změřeny

Measurement

Normal

Start

Sequence

M1

M2

M3

M4

Clr

Done

Decades

1

2

3

Begin

10 Hz

100 Hz

1 kHz

Graph

Line

Point

Graf. Příloha 6 – T-Článek s n=1

Legend Edit Delete


Cursor On

f [Hz]	485,6
IP [°]	0,180
IP [dB]	-14,9
φ [deg]	1,4
Re P + i Im P	0,18 + i0,00

File

 Open  
 Save  
 Print  
 Exit

View

Freq. ch. Nyquist

Display

Ampl Phase

Nyq. scale

1

IP [dB/div]

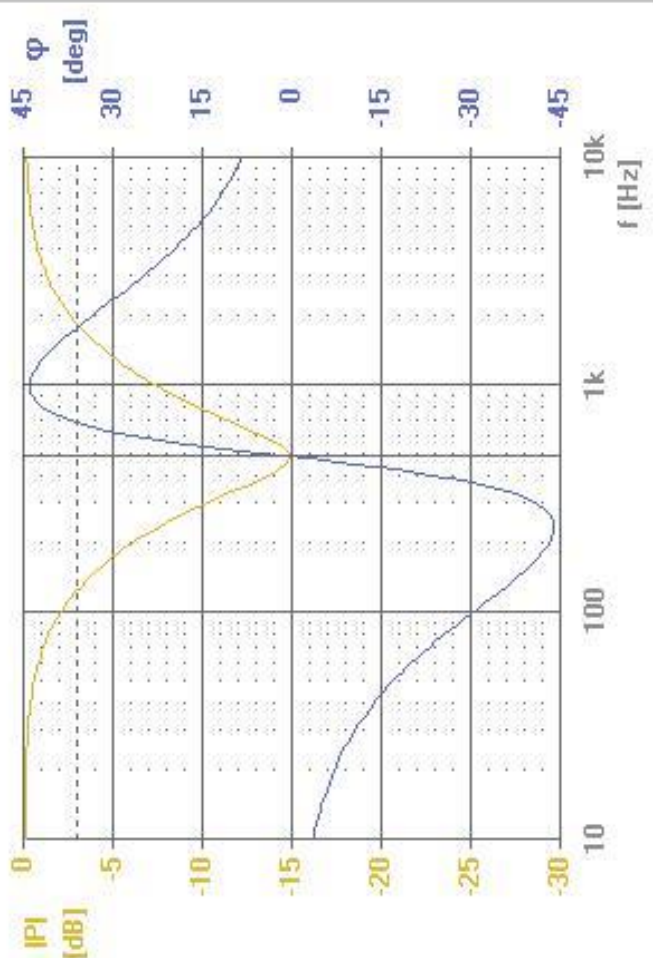
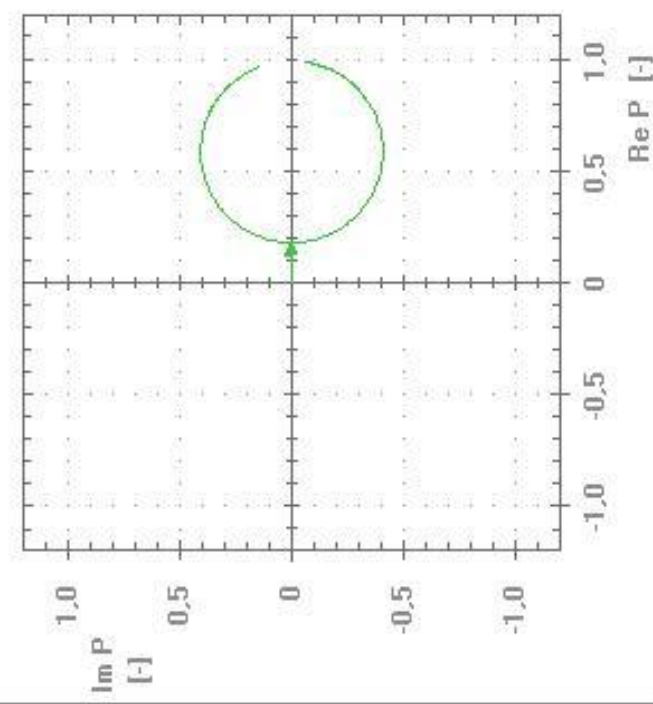
5 10 15 15 dB

φ deg/div

15 30 60

φ offset

0°



Measurement

Done

☒ M1  
☐ M2  
☐ M3  
☐ M4

Decades

Begin

Graph

Normal

Sequence

Clr

1 2 3

10 Hz 100 Hz 1 kHz

Line Point

## POUŽITÉ MĚŘÍCÍ PŘÍSTROJE A POMŮCKY

[illegible]