

Acta Universitatis Palackianae Olomucensis. Facultas Rerum  
Naturalium. Mathematica-Physica-Chemica

---

Miroslava Šíroká; Jan Žouželka  
Studium obvodů střídavého proudu

*Acta Universitatis Palackianae Olomucensis. Facultas Rerum Naturalium. Mathematica-Physica-Chemica*, Vol.  
5 (1964), No. 1, 117--128

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/119815>

**Terms of use:**

© Palacký University Olomouc, Faculty of Science, 1964

Institute of Mathematics of the Academy of Sciences of the Czech Republic provides access to digitized documents strictly for personal use. Each copy of any part of this document must contain these *Terms of use*.



This paper has been digitized, optimized for electronic delivery and stamped with digital signature within the project *DML-CZ: The Czech Digital Mathematics Library* <http://project.dml.cz>

*Katedra experimentální fyziky a metodiky fyziky přírodovědecké fakulty  
Vedoucí katedry: Prof. Paed. Dr. Josef Fuks*

## STUDIUM OBVODŮ STŘÍDAVÉHO PROUDU

MIROSLAVA ŠIROKÁ A JAN ŽOUŽELKA

(Došlo dne 21. října 1963)

V tomto článku uvádíme některá měření v obvodech střídavého proudu jako námět pro modernizaci fyzikálního praktika. Jako zdroje střídavého napětí jsme použili tónového generátoru *Tesla BM 365*, který má dostatečně široký rozsah kmitočtů. Přesnost odečítání kmitočtu je 1,5%, stálost kmitočtu rovněž 1,5%. K měření napětí jsme použili elektronkového voltmetru *Tesla BM 210*, k měření proudu miliampérmetru *Metra DsLi* (použité rozsahy 5 mA a 20 mA).

### 1. Obvod střídavého proudu s kondenzátorem

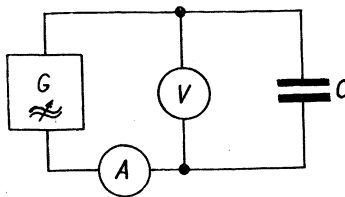
Kapacitní odpor kondenzátoru je

$$X_C = \frac{1}{2\pi fC}. \quad (1)$$

Připojíme-li na kondenzátor napětí  $U$ , je protékající proud

$$I = U \cdot 2\pi fC. \quad (2)$$

Závislosti (1) a (2) jsme ověřili experimentálně; zapojení je na obr. 1. Použili jsme kondenzátor *TC 105 M1* (s tolerancí  $\pm 20\%$ ). Napětí jsme udržovali na konstantní hodnotě  $U = 2$  V a měřili jsme proud v oboru kmitočtů od 1,4 kHz do 3,2 kHz. V tab. I jsou naměřené hodnoty proudu  $I$  v závislosti na kmitočtu a kapacitní odpor  $X_C$  vypočtený z hodnot proudu a napětí. V posledním sloupci je kapacita  $C$  kondenzátoru, počítaná ze vztahu



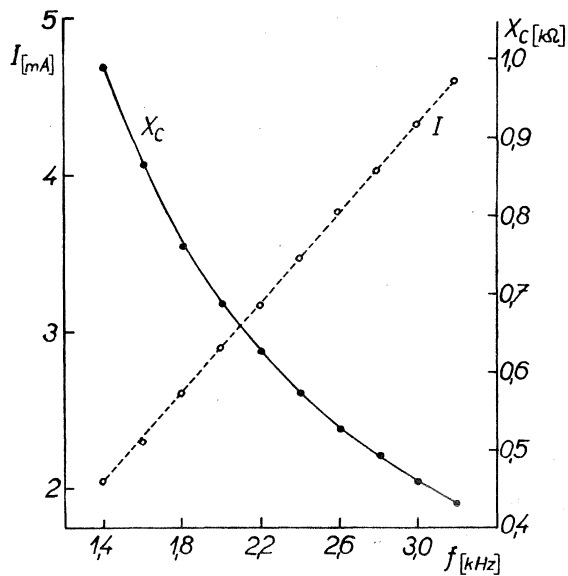
Obr. 1.

Tabulka I

$n$	$f$ [kHz]	$I$ [mA]	$X_c$ [ $\Omega$ ]	$C$ [ $\mu\text{F}$ ]
1	1,4	2,02	990	0,115
2	1,6	2,31	866	0,115
3	1,8	2,62	763	0,116
4	2,0	2,91	687	0,116
5	2,2	3,18	629	0,115
6	2,4	3,48	575	0,115
7	2,6	3,77	528	0,115
8	2,8	4,05	494	0,115
9	3,0	4,34	461	0,115
10	3,2	4,60	453	0,114

$$C = \frac{I}{U \cdot 2\pi f} \quad (3)$$

Výsledná kapacita je  $C = (0,1151 \pm \pm 0,0002) \mu\text{F}$ ; střední chyba je počítána ze čtverců odchylek. Závislosti kapacitního odporu  $X_c$  a proudu  $I$  na kmitočtu  $f$  jsou graficky znázorněny na obr. 2.



Obr. 2.

## 2. Obvod střídavého proudu s cívkou

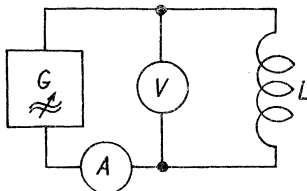
Induktivní odpor cívky je

$$X_L = 2\pi fL, \quad (4)$$

proud  $I$  protékající cívkou se zanedbatelným činným odporem  $R$  je při napětí  $U$  roven

$$I = \frac{U}{2\pi fL}. \quad (5)$$

Zapojení pro ověření závislosti (4) a (5) je patrné z obr. 3. K měření jsme použili cívku s 1200 závitů bez železného jádra (činný odpor  $R = 6,2 \Omega$ ) a napětí jsme udržovali na hodnotě  $U = 2 \text{ V}$ . Měření jsme konali v oboru kmitočtů od 1,8 do



Obr. 3.

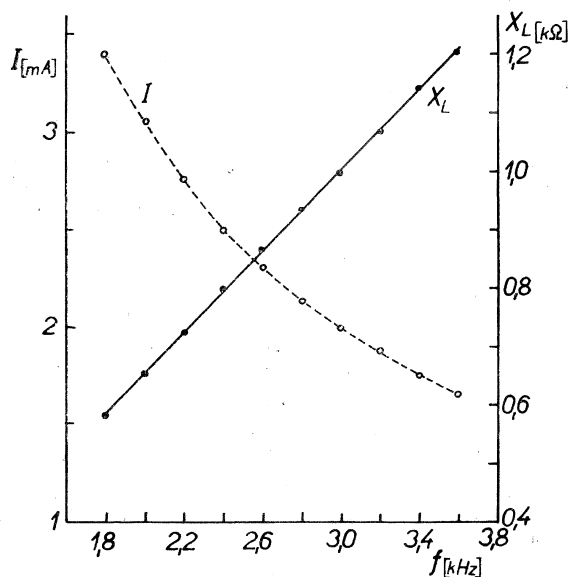
3,6 kHz. Naměřené hodnoty proudu  $I$  a hodnoty induktivního odporu  $X_L$  jsou v tab. II. V posledním sloupci tabulky jsou uvedeny hodnoty indukčnosti  $L$ , počítané ze vztahu

$$L = \frac{U}{2\pi fI}. \quad (6)$$

Tabulka II

$n$	$f$ [kHz]	$I$ [mA]	$X_L$ [ $\Omega$ ]	$L$ [mH]
1	1,8	3,39	590	52,2
2	2,0	3,06	654	52,0
3	2,2	2,76	725	52,4
4	2,4	2,50	800	53,1
5	2,6	2,31	866	53,0
6	2,8	2,14	935	53,1
7	3,0	2,00	1000	53,1
8	3,2	1,88	1064	52,8
9	3,4	1,75	1143	53,5
10	3,6	1,66	1205	53,3

Výsledná indukčnost je  $L = (52,8 \pm 0,1)$  mH. Závislosti induktivního odporu  $X_L$  a proudu  $I$  na kmitočtu  $f$  jsou znázorněny na obr. 4.



Obr. 4.

### 3. Obvod střídavého proudu s cívkou a kondenzátorem, zapojenými sériově

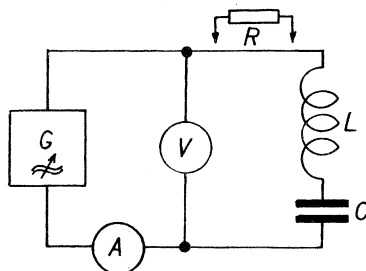
Impedance sériového obvodu s členy  $R$ ,  $L$ ,  $C$  je dána vztahem

$$Z = \sqrt{R^2 + \left(2\pi fL - \frac{1}{2\pi fC}\right)^2} \quad (7)$$

Při rezonanci napětí (*sériové rezonanci*) je odpor obvodu roven činnému odporu  $R$ . Tento stav nastává při rezonančním kmitočtu  $f_r$ , který je dán Thomsonovým vzorcem

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad (8)$$

Pro stanovení rezonanční křivky jsme zapojili na výstup tónového generátoru členy  $R$ ,  $L$ ,  $C$  podle obr. 5. Použili jsme kondenzátor o kapacitě  $C = (0,1151 \pm$



Obr. 5.

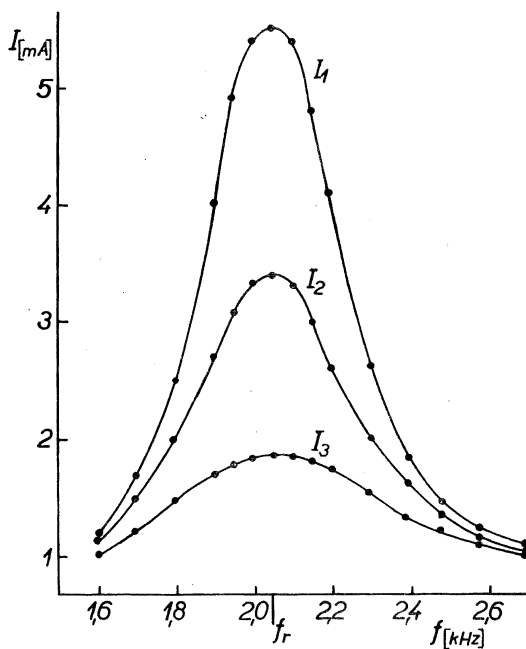
$\pm 0,0002) \mu\text{F}$  a cívku o indukčnosti  $L = (52,8 \pm 0,1) \text{ mH}$  — podle výsledků tab. I a II. Rezonanční kmitočet vypočtený ze vztahu (8) je  $f_r = 2,04 \text{ kHz}$ . V tab. III uvádíme závislost velikosti proudu  $I$  na kmitočtu  $f$  při konstantním napětí  $U = 0,4 \text{ V}$ .

Tabulka III

$n$	$f$ [kHz]	$I_1$ [mA]	$I_2$ [mA]	$I_3$ [mA]
1	1,60	1,2	1,1	1,0
2	1,70	1,7	1,5	1,2
3	1,80	2,5	2,0	1,5
4	1,90	4,0	2,7	1,7
5	1,95	4,9	3,1	1,8
6	2,00	5,4	3,3	1,85
7	2,05	5,5	3,4	1,85
8	2,10	5,4	3,3	1,85
9	2,15	4,8	3,0	1,8
10	2,20	4,1	2,6	1,75
11	2,30	2,6	2,0	1,5
12	2,40	1,8	1,6	1,3
13	2,50	1,4	1,3	1,2
14	2,60	1,2	1,1	1,0
15	2,70	1,1	1,0	1,0

Hodnoty proudu  $I_1$  byly naměřeny při ztrátovém odporu obvodu, tvořeném pouze činným odporem cívky a spojovacích vodičů, hodnoty  $I_2$  se zařazeným odporem  $R = 50 \Omega$ , hodnoty  $I_3$  se zařazeným odporem  $R = 150 \Omega$ . Rezonanční křivky jsou na obr. 6.

Při stejném zapojení obvodu jsme změřili rezonanční křivku v souřadnicích kmitočet—napětí. V tab. IV uvádíme hodnoty napětí v závislosti na kmitočtu při konstantním proudu  $I = 6 \text{ mA}$ ; shoda vypočteného a naměřeného rezonančního kmitočtu je velmi dobrá.



Obr. 6.

Rezonanční křivka je nakreslena na obr. 7.

#### 4. Obvod střídavého proudu s cívku a kondenzátorem, zapojeními paralelně

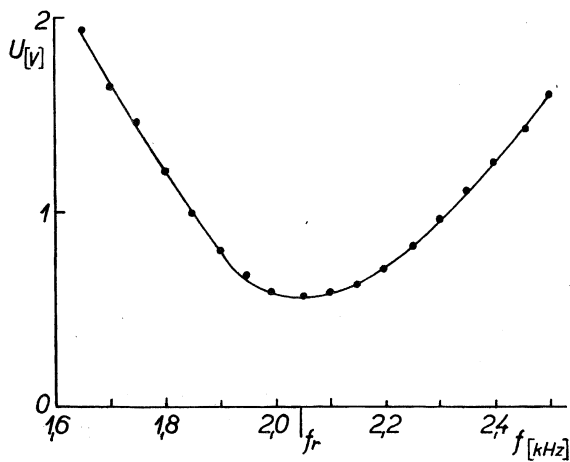
Jsou-li cívka a kondenzátor zapojeny paralelně a připojeny na střídavé napětí  $U$ , je celkový proud v nerozvětvené části obvodu dán vektorovým součtem proudů

Tabulka IV

$n$	$f$ [kHz]	$U$ [V]
1	1,65	1,93
2	1,70	1,65
3	1,75	1,46
4	1,80	1,21
5	1,85	1,00
6	1,90	0,82
7	1,95	0,68
8	2,00	0,60
9	2,05	0,58
10	2,10	0,60
11	2,15	0,63
12	2,20	0,72
13	2,25	0,83
14	2,30	0,97
15	2,35	1,12
16	2,40	1,26
17	2,45	1,43
18	2,50	1,60

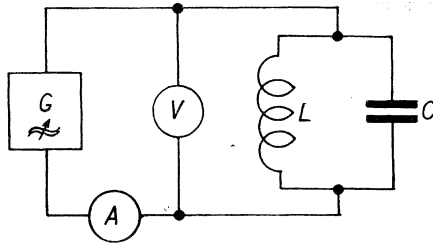
Tabulka V

$n$	$f$ [kHz]	$I$ [mA]
1	1,60	4,30
2	1,65	3,75
3	1,70	3,15
4	1,75	2,65
5	1,80	2,10
6	1,85	1,67
7	1,90	1,25
8	1,95	0,82
9	2,00	0,42
10	2,05	0,30
11	2,10	0,65
12	2,15	0,97
13	2,20	1,37
14	2,25	1,72
15	2,30	2,11
16	2,35	2,52
17	2,40	2,89
18	2,50	3,66

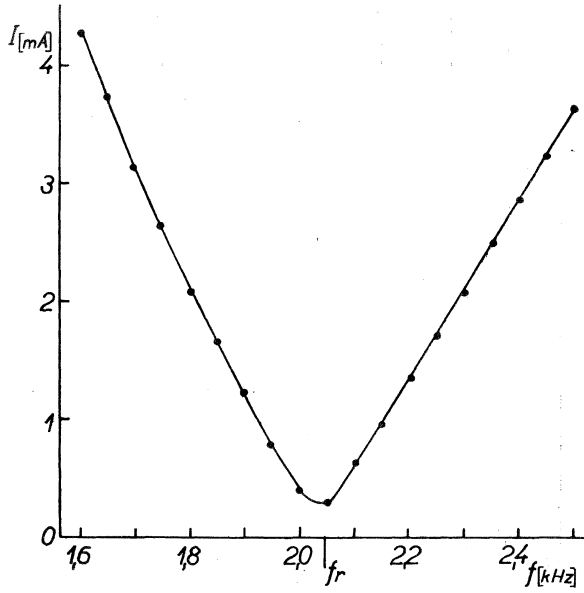


Obr. 7.





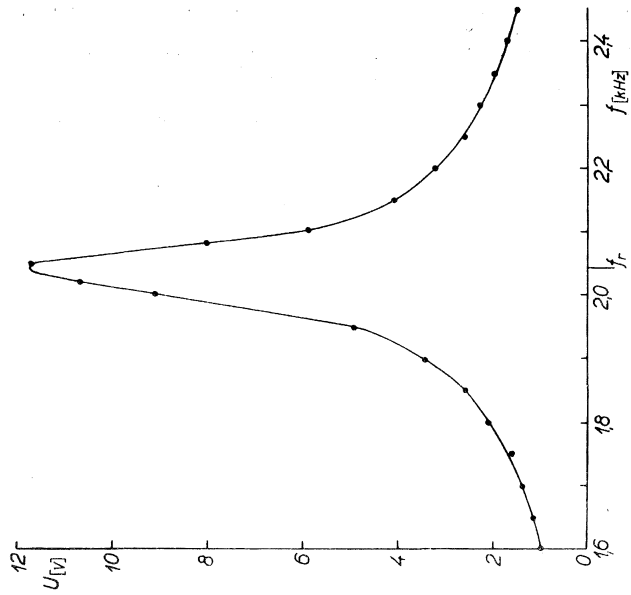
Obr. 8.



Obr. 9.

Tabulka VI

n	f [kHz]	U [V]
1	1,60	1,0
2	1,65	1,2
3	1,70	1,4
4	1,75	1,7
5	1,80	2,1
6	1,85	2,6
7	1,90	3,4
8	1,95	4,3
9	2,00	5,1
10	2,02	10,7
11	2,05	11,7
12	2,08	8,1
13	2,10	5,9
14	2,15	4,1
15	2,20	3,2
16	2,25	2,6
17	2,30	2,3
18	2,35	2,0
19	2,40	1,7
20	2,50	1,3



Obr. 10.

$I_L$  a  $I_C$ . Je-li činný odpor  $R$  cívky zanedbatelně malý, nastává při kmitočtu, daném vztahem (8) rezonance proudu (*paralelní rezonance*).

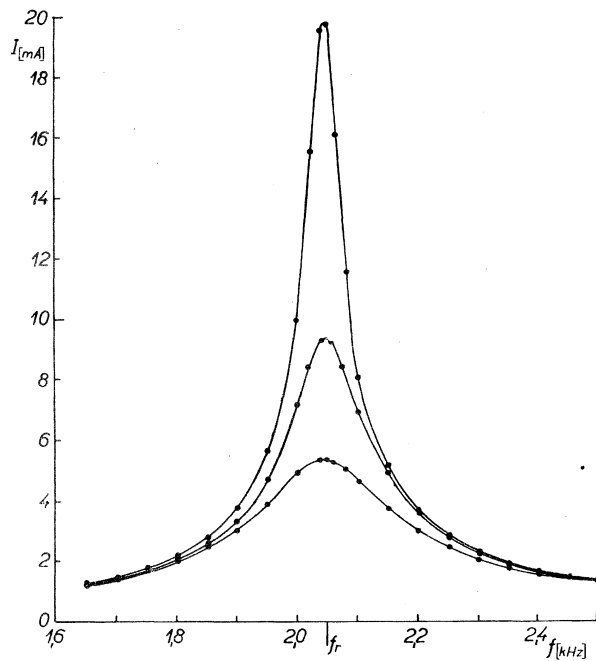
Zapojení pro stanovení rezonančních křivek je na obr. 8. V tab. V jsou hodnoty proudu v závislosti na kmitočtu při konstantním napětí  $U = 6$  V.

Graficky je rezonanční křivka znázorněna na obr. 9.

V tab. VI jsou pro tentýž obvod uvedeny naměřené hodnoty napětí v závislosti na kmitočtu při konstantním proudu  $I = 0,55$  mA.

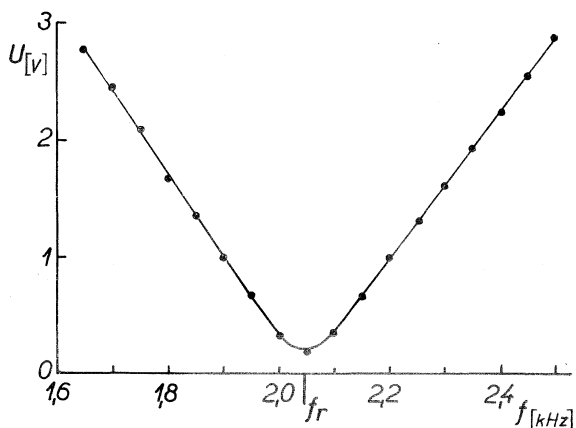
Příslušná rezonanční křivka je nakreslena na obr. 10.

Z obr. 9 a 10 je patrné, že rezonanční kmitočet je velmi blízký vypočtenému kmitočtu  $f_r = 2,04$  kHz.



Obr. 11.

*Poznámka:* Zesílíme-li výstupní napětí tónového generátoru pomocí nízkofrekvenčního zesilovače, obdržíme rezonanční křivky strmější. Na obr. 11 a 12 jsou nakresleny rezonanční křivky proudu a napětí v závislosti na kmitočtu pro případ sériové rezonance. Křivka s nejvyšším proudovým maximem na obr. 11 byla naměřena při ztrátovém odporu obvodu, tvořeném pouze činným odporem cívky, další dvě křivky odpovídají připojeným odporům 20 a 50  $\Omega$ .



Obr. 12.

#### LITERATURA

- [1] N. M. Izimov, Kurs radiotechniky. Naše vojsko, Praha 1950.
- [2] D. G. Mazimov, Kurs elektrotechniky. Naše vojsko, Praha 1953.
- [3] B. A. Smirenin, Radiotechnická příručka. SNTL, Praha 1955.
- [4] F. Vojt, Praxis der Naturwiss., 11, 141, 1962.
- [5] V. Málek, Elektrické filtry a vyrovnávače. Nakl. dopravy a spojů, Praha 1961.

### Резюме

## ИЗУЧЕНИЕ ЦЕПЕЙ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

МИРОСЛАВА ШИРОКА И ЯН ЖОУЖЕЛКА

В этой статье приводятся некоторые измерения в цепях переменного тока как новые темы для работы в физическом практикуме. Речь идет прежде всего об определении кривых резонанса в случае параллельного и последовательного резонанса и о проверке уравнения Томсона для резонансных частот.

### Zusammenfassung

## UNTERSUCHUNG DER WECHSELSTROMKREISEN

MIROSLAVA ŠIROKÁ UND JAN ŽOUŽELKA

In diesem Aufsatz werden einige Messungen in Wechselstromkreisen als Beitrag zur Modernisierung des physikalischen Praktikums angeführt. Es handelt sich vor allem um die Feststellung der Resonanzkurven bei der Serien- und Parallelresonanz sowie um die Bestätigung der Thomsons-Beziehung für die Resonanzfrequenzen.