



FAKULTA  
ELEKTROTECHNICKÁ  
ZÁPADOČESKÉ  
UNIVERZITY  
V PLZNI

KATEDRA TECHNOLOGIÍ A MĚŘENÍ  
FYZIKÁLNÍ ELEKTRONIKA  
MĚŘENÍ USMĚRŇOVAČŮ S POLOVODIČOVÝMI  
DIODAMI

Martin Zlámal  
Josef Sedlák

*Datum měření 7. října 2013*

© *Datum poslední revize 16. března 2014*

L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X

## Obsah

1	Zadání	2
2	Katalogové parametry měřených součástek	2
3	Schéma zapojení	3
4	Jednocestný usměrňovač	4
4.1	Naměřené a vypočtené hodnoty . . . . .	5
5	Dvoucestný usměrňovač	6
5.1	Naměřené a vypočtené hodnoty . . . . .	7
6	Můstkový usměrňovač	8
6.1	Naměřené a vypočtené hodnoty . . . . .	9
7	Závěr	9

## Seznam obrázků

1	Schémata zapojení základních typů usměrňovačů . . . . .	3
2	Tvary průběhů jednocestného usměrňovače pro $R_Z = 30\Omega$ . . . . .	4
3	Tvary průběhů jednocestného usměrňovače pro $R_Z = 100\Omega$ . . . . .	4
4	Tvary průběhů dvoucestného usměrňovače pro $R_Z = 30\Omega$ . . . . .	6
5	Tvary průběhů dvoucestného usměrňovače pro $R_Z = 100\Omega$ . . . . .	6
6	Tvary průběhů můstkového usměrňovače pro $R_Z = 30\Omega$ . . . . .	8
7	Tvary průběhů můstkového usměrňovače pro $R_Z = 100\Omega$ . . . . .	8

## Seznam tabulek

1	Mezní hodnoty diody BYW96 . . . . .	2
2	Jednocestný usměrňovač s $R_Z = 30\Omega$ . . . . .	5
3	Jednocestný usměrňovač s $R_Z = 100\Omega$ . . . . .	5
4	Dvoucestný usměrňovač s $R_Z = 30\Omega$ . . . . .	7
5	Dvoucestný usměrňovač s $R_Z = 100\Omega$ . . . . .	7
6	Můstkový usměrňovač s $R_Z = 30\Omega$ . . . . .	9
7	Můstkový usměrňovač s $R_Z = 100\Omega$ . . . . .	9

# 1 Zadání

1. Zapojte postupně jednotlivé typy usměrňovačů. Pro každý typ usměrňovače zaznamenejte co nejpřesněji časové průběhy výstupních napětí za následujících podmínek:
  - pro odporovou zátěž  $R_Z = 30\Omega$  bez vyhlazovacího kondenzátoru a poté postupně pro 3 různé kondenzátory
  - pro odporovou zátěž  $R_Z = 100\Omega$  bez vyhlazovacího kondenzátoru a poté postupně pro 3 různé kondenzátory
2. U všech průběhů určete velikost zvlnění výstupního napětí  $\Delta U[V]$  a vypočítejte činitel zvlnění  $p[\%]$ .
3. V závěru zhodnoťte vliv zapojení usměrňovače, velikosti zatěžovacího odporu  $R_Z$  a velikosti kapacity vyhlazovacího kondenzátoru na špičkovou hodnotu výstupního napětí  $U_{max}$  a míru zvlnění.

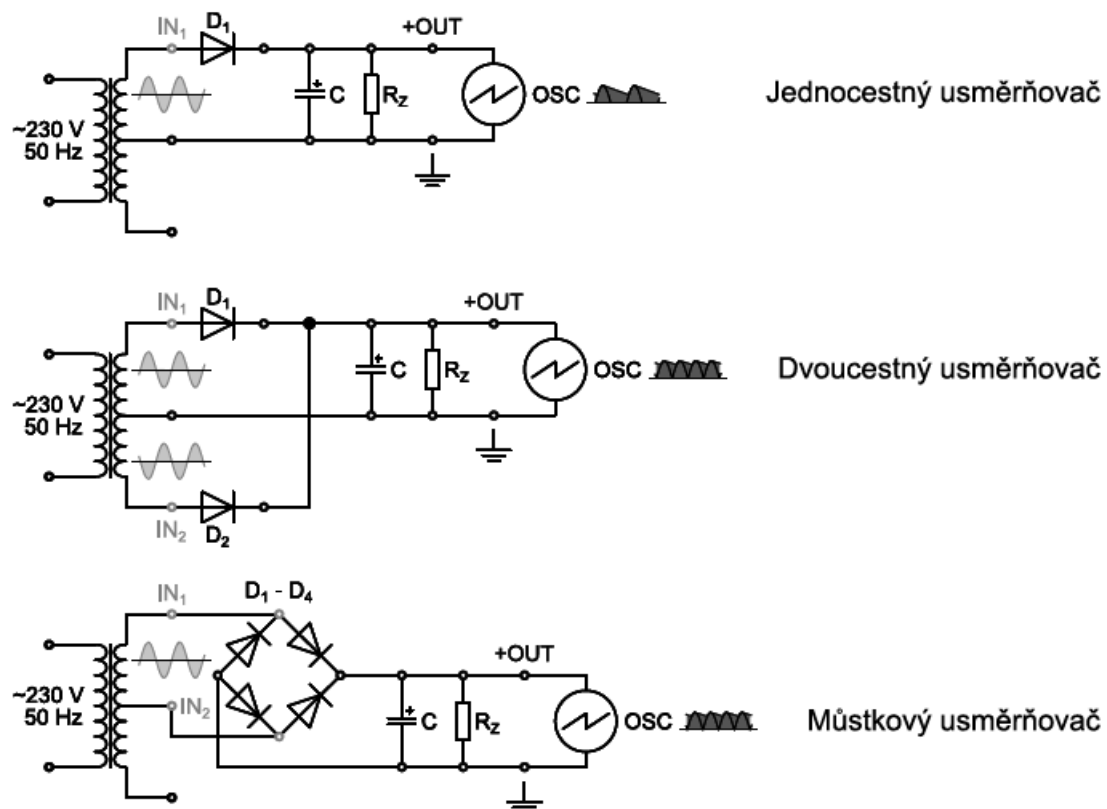
# 2 Katalogové parametry měřených součástek

Při měření byla jako usměrňovací dioda použita 4x BYW96.

Tabulka 1: Mezní hodnoty diody BYW96

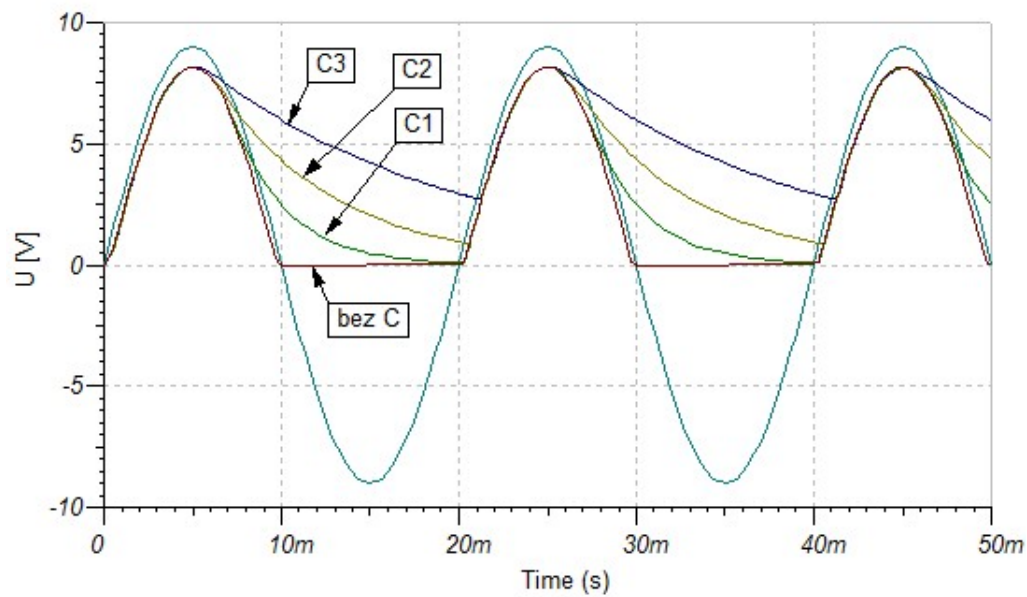
Mezní hodnota proudu v propustném směru $I_F$	max. $3A$
Mezní hodnota proudu v závěrném směru $I_R$	max. $1\mu A$
Průrazné napětí v závěrném směru $V_{(BR)R}$	max. $900V$
Obnovovací čas $t_{rr}$	$300ns$

### 3 Schéma zapojení

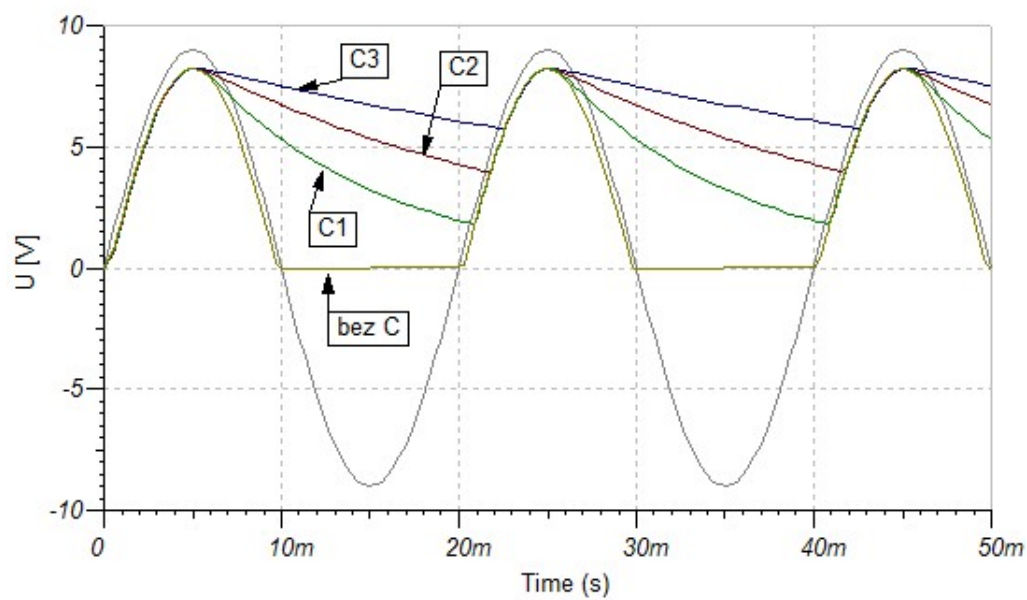


Obrázek 1: Schémata zapojení základních typů usměrňovačů

#### 4 Jednocestný usměrňovač



Obrázek 2: Tvary průběhů jednocestného usměrňovače pro  $R_Z = 30\Omega$



Obrázek 3: Tvary průběhů jednocestného usměrňovače pro  $R_Z = 100\Omega$

## 4.1 Naměřené a vypočtené hodnoty

Tabulka 2: Jednocestný usměřňovač s  $R_Z = 30\Omega$

•	bez kondenzátoru	$C_1 = 100\mu F$	$C_2 = 220\mu F$	$C_3 = 470\mu F$
$U_{min}[V]$	0	0	0,50	2,68
$U_{max}[V]$	8,24	8,32	9,40	8,00
$U[V]$	4,13	4,19	4,67	5,10
$U_0[V]$	2,51	2,80	3,95	4,82
$\Delta U[V]$	8,24	8,32	8,90	5,32
$p[\%]$	64,5	49,6	18,2	5,8

Tabulka 3: Jednocestný usměřňovač s  $R_Z = 100\Omega$

•	bez kondenzátoru	$C_1 = 100\mu F$	$C_2 = 220\mu F$	$C_3 = 470\mu F$
$U_{min}[V]$	0	0,70	3,92	5,36
$U_{max}[V]$	8,72	8,72	8,72	8,58
$U[V]$	4,38	4,91	6,38	7,15
$U_0[V]$	2,68	4,08	6,18	7,10
$\Delta U[V]$	8,72	8,02	4,80	3,22
$p[\%]$	63,4	20,3	3,2	0,7

Kde zvlnění výstupního napětí  $\Delta U$ :

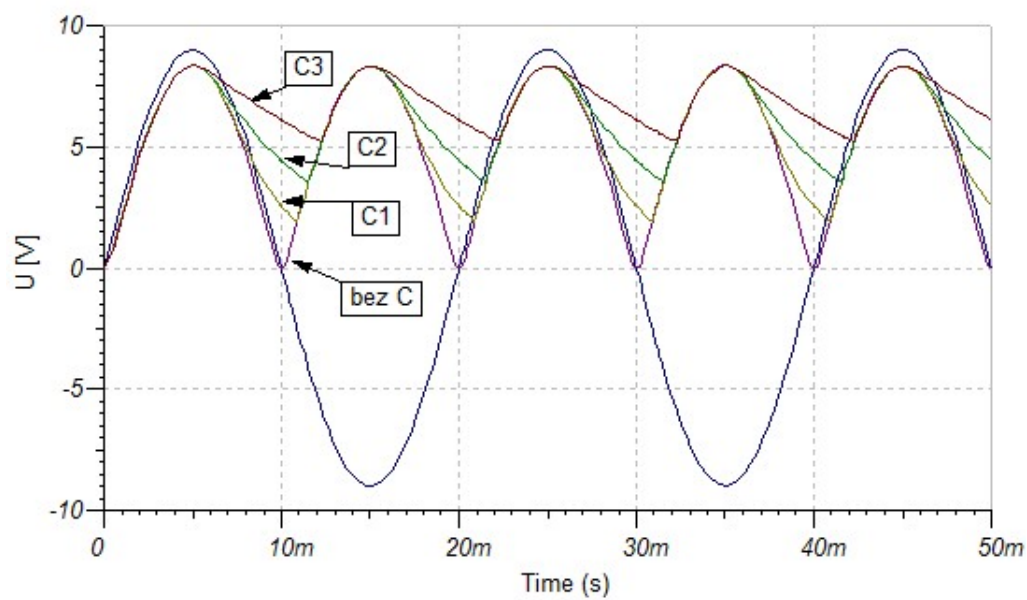
$$\Delta U = U_{max} - U_{min} = 8,24 - 0 = 8,24V \quad (1)$$

Činitel zvlnění  $p$ :

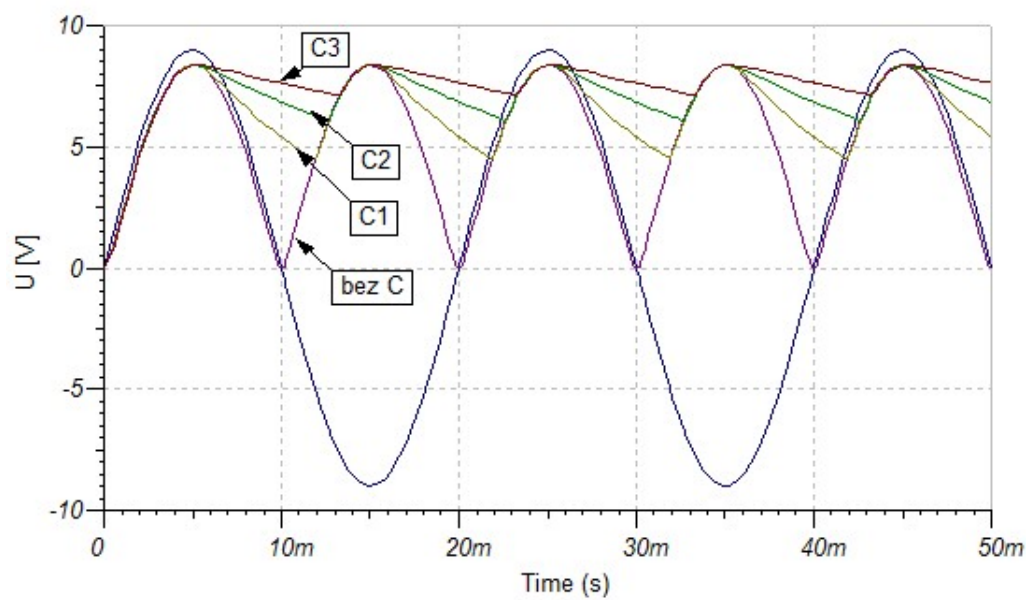
$$p = \sqrt{\left(\frac{U}{U_0} - 1\right)^2} \cdot 100 = \sqrt{\left(\frac{4,13}{2,51} - 1\right)^2} \cdot 100 = 64,5\% \quad (2)$$

Stejným způsobem se vypočítává zvlnění výstupního napětí a činitel tohoto zvlnění u všech dalších obvodů.

## 5 Dvoucestný usměrňovač



Obrázek 4: Tvary průběhů dvoucestného usměrňovače pro  $R_Z = 30\Omega$



Obrázek 5: Tvary průběhů dvoucestného usměrňovače pro  $R_Z = 100\Omega$

## 5.1 Naměřené a vypočtené hodnoty

Tabulka 4: Dvoucestný usměrňovač s  $R_Z = 30\Omega$

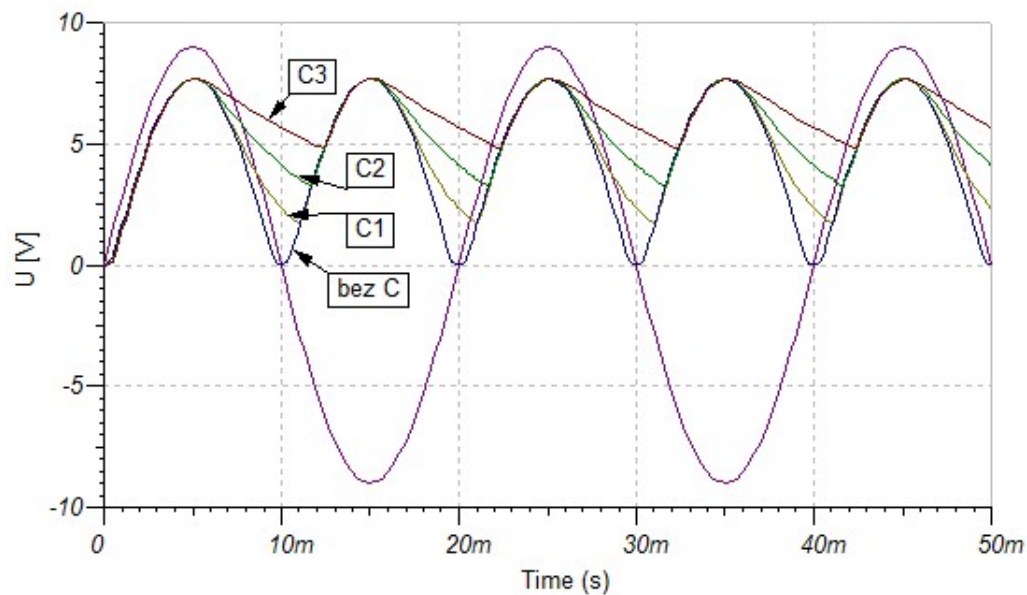
•	bez kondenzátoru	$C_1 = 100\mu F$	$C_2 = 220\mu F$	$C_3 = 470\mu F$
$U_{min}[V]$	0	1,27	3,47	4,47
$U_{max}[V]$	8,35	8,50	8,24	8,28
$U[V]$	5,80	5,87	6,31	6,68
$U_0[V]$	5,10	5,35	6,11	6,62
$\Delta U$	8,35	7,23	4,77	3,81
$p[\%]$	13,7	9,7	3,3	0,9

Tabulka 5: Dvoucestný usměrňovač s  $R_Z = 100\Omega$

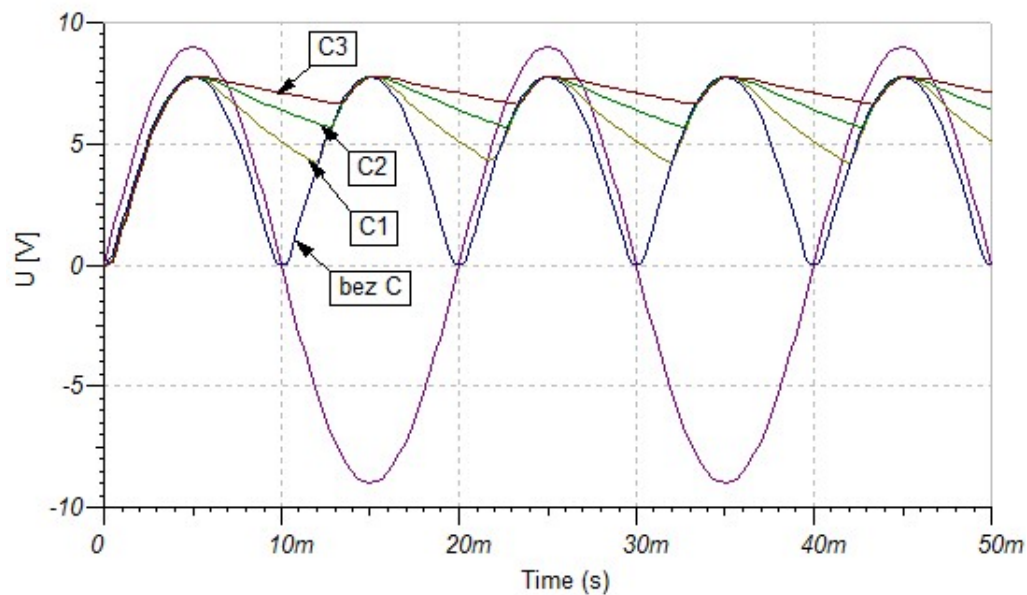
•	bez kondenzátoru	$C_1 = 100\mu F$	$C_2 = 220\mu F$	$C_3 = 470\mu F$
$U_{min}[V]$	0	3,39	6,04	7,15
$U_{max}[V]$	8,75	8,99	9,98	8,69
$U[V]$	6,13	6,64	7,54	7,87
$U_0[V]$	5,39	6,40	7,49	7,86
$\Delta U$	8,75	5,60	3,94	1,54
$p[\%]$	13,7	3,8	0,7	0,1



## 6 Můstkový usměrňovač



Obrázek 6: Tvary průběhů můstkového usměrňovače pro  $R_Z = 30\Omega$



Obrázek 7: Tvary průběhů můstkového usměrňovače pro  $R_Z = 100\Omega$

## 6.1 Naměřené a vypočtené hodnoty

Tabulka 6: Můstkový usměrňovač s  $R_Z = 30\Omega$

•	bez kondenzátoru	$C_1 = 100\mu F$	$C_2 = 220\mu F$	$C_3 = 470\mu F$
$U_{min}[V]$	0	0,90	3,08	4,56
$U_{max}[V]$	8,63	7,52	7,45	7,27
$U[V]$	5,15	5,19	5,62	6,0
$U_0[V]$	4,42	4,68	5,43	5,95
$\Delta U$	8,63	6,62	4,37	2,71
$p[\%]$	16,5	10,9	3,5	0,8

Tabulka 7: Můstkový usměrňovač s  $R_Z = 100\Omega$

•	bez kondenzátoru	$C_1 = 100\mu F$	$C_2 = 220\mu F$	$C_3 = 470\mu F$
$U_{min}[V]$	0	3,68	5,42	6,47
$U_{max}[V]$	8,01	8,07	8,01	7,76
$U[V]$	5,51	5,78	6,86	7,14
$U_0[V]$	4,75	6,01	6,82	7,13
$\Delta U$	8,01	4,39	2,59	1,29
$p[\%]$	16,0	3,9	0,5	0,1

## 7 Závěr

Jednocestné zapojení usměrňovače je sice nejjednodušší, ale má také celou řadu nevýhod. Hlavní nevýhodou je to, že usměňuje pouze jednu půlvlnu vstupního signálu, tzn. vyhlazovací kondenzátor má celou dobu půl periody na to, aby se vybíjel. To se negativně podepisuje jak na zvlnění výstupního napětí, tak na činiteli zvlnění.

Dvoucestný a můstkový usměrňovač dělají v konečném důsledku to samé, tedy usměrňují obě půlvlny vstupního signálu. Zásadní rozdíl mezi dvoucestným a můstkovým zapojením je ten, že u můstkového zapojení teče proud přes dvě diody a vzniká tak dvounásobný úbytek napětí než u dvoucestného zapojení. To je dobře vidět na amplitudě signálů znázorněných na grafech. Dvoucestný usměrňovač má naopak nevýhodu v tom, že je potřeba transformátor s vyvedeným středem.

Z výsledků měření vyplývá, že čím je vyhlazovací kondenzátor větší, tím je schopen akumulovat více energie a dochází k většímu vyhlazení (k menšímu zvlnění). Větší hodnota rezistoru také přispívá k lepšímu vyhlazení.