

# Elektrotechnické měření (2)

JAN BOCEK, OK2BNG ([jan.bocek@vitkovice.cz](mailto:jan.bocek@vitkovice.cz))  
 ING. TOMÁŠ KLIMČÍK, SWL ([tomas.klimcik@vitkovice.cz](mailto:tomas.klimcik@vitkovice.cz))

V minulém díle tohoto miniseriálu jsme se zabývali transformátory, v tomto pokračování bychom se chtěli podívat na téma předchozímu velice blízké, a to zdroje. Naší snahou bylo pokusit se o co nejpraktičtější pohled, proto ani nyní nebudeme zabředávat do hlubokých teorií a odvozování vzorečků. Spíše jsme se soustředili na to, aby praxe potvrdila teorii, konkrétně v našem případě, aby měření skutečných veličin potvrdilo výpočet provedený za určitých zjednodušujících předpokladů pomocí empirických konstant. Jako vzor byla vybrána dvě typická zapojení zdrojů používaných jako zdroj vn pro elektronkové výkonové zesilovače - s můstkovým usměrňovačem a se zdvojovačem napětí. Teorii lze jako vždy najít v učebnicích a odborných knihách.

## Měření na vn zdroji

Měřil: Jan Bocek  
 Datum: 20.2.2000

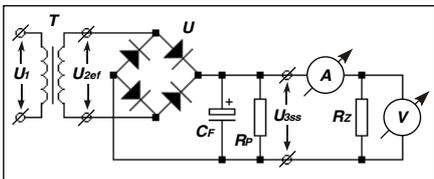
### Části:

- Zjištění středního trvalého proudového zatížení, úbytku při zatížení a voltampérové charakteristiky zdroje s můstkovým usměrňovačem
- Zjištění středního trvalého proudového zatížení, úbytku při zatížení a voltampérové charakteristiky zdroje se zdvojovačem napětí

### Cíl měření:

Ověřit měřením platnost zjednodušených výpočtů pro stanovení zatížení zdroje v technické praxi.

### 1. Zjištění středního trvalého proudového zatížení, úbytku při zatížení a voltampérové charakteristiky zdroje s můstkovým usměrňovačem



Obr. 1 - Zapojení vn zdroje (A) s můstkovým usměrňovačem pro elektronkový zesilovač výkonu.

Použité přístroje a hodnoty součástí ve schématu:

T	230 V/2000 V, 1 kVA
U	4x5 diod 1N5408
CF	12 μF/3 kV ss
Rp	48 kΩ/100 W
Rz1	30 kΩ/100 W
Rz2	10x560 Ω/100 W
V	voltmetr do 3kV
A	ampérmetr do 1 A
U, I, R	PU510

### Postup a výpočty:

Ke zdroji s typickým zapojením na obr. 1 připojíme měřicí přístroje a proměnný zatěžovací odpor Rz2. Změříme a do tab. 1 запиšeme všechny hodnoty bez zatížení a potom při zatěžovacím proudu 600 mA. Zjistíme, že pokles napětí při zatížení (1560 W) je menší než 10%.

V radioamatérské praxi se často setkáváme se situací, že máme nějaké trafo a potřebujeme zjistit, jak velké může být jeho zatížení a jaký

budeme potřebovat filtrační kondenzátor. Na-víc nemáme ani zatěžovací odpory, ani vn voltmetr. Přesto je i takový úkol řešitelný. Veli-kost výstupního proudu zdroje je dána jeho impedancí. Protože přesné výpočty jsou poměrně složité, vžil se určité zjednodušení. Vychází z toho, že převažující část impedance je tvořena ohmickým odporem sekundárního vinutí transformátoru zdroje a pomocí víceméně empirických konstant se dá dojít k požadovaným hodnotám.

Impedance zdroje Z pro můstkové zapojení pak při použití konstanty 70 bude:

$$Z = R_{\text{sec}} \times 70$$

$$Z = 63 \times 70 = 4410 \Omega$$

Pro výpočet napětí U3ss se použije upravená konstanta 1,3:

$$U_{3ss} = U_{2ef} \times 1,3$$

$$U_{3ss} = 2000 \times 1,3 = 2600 \text{ V}$$

Trvalý zatěžovací proud pak bude:

$$I_{ss} = \frac{U_{3ss}}{Z}$$

$$I_{ss} = \frac{2600}{4410} = 0,59 \text{ A}$$

Znamená to, že při proudu od zátěže 0,59 A bude pokles napětí zdroje menší než 10%.

Nemáme-li vn voltmetr patřičného rozsahu, můžeme si pomoci tím, že transformátor zdroje připojíme místo na 230 V jen na 24 V stf. Ověřením napětí na primáru (U1 = 24 V) a změřením napětí sekundáru (U2 = 208 V) získáme přesný převod traťa:

$$\rho = \frac{U_2}{U_1}$$

$$\rho = \frac{208}{24} = 8,66$$

Při napájecím napětí 230 V pak bude:

$$U_{2ef} = 230 \times 8,66 = 1991,8 \text{ V}$$

Další postup je stejný jako výše:

$$U_{3ss} = U_{2ef} \times 1,3$$

$$U_{3ss} = 1991,8 \times 1,3 = 2589 \text{ V}$$

$$I_{ss} = \frac{U_{3ss}}{Z}$$

$$I_{ss} = \frac{2589}{4410} = 0,59 \text{ A}$$

Pro výpočet velikosti filtrační kapacity zavedeme další konstantu, a to 50000:

$$C_F = \frac{50000}{Z}$$

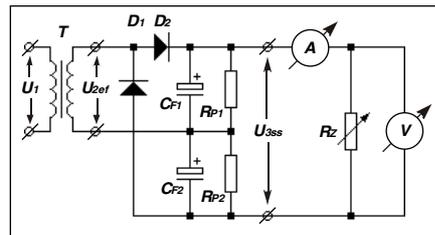
$$C_F = \frac{50000}{4410} = 11,3 \mu\text{F}$$

Voltampérovou charakteristiku tohoto zdroje (tj. zdroj A) proměříme tak, že budeme ve vhodných skocích pomoci zatěžovacího odporu měnit zatěžovací proud. Odpor Rz je z hlediska rozsahů v první části měření realizován proměnným odporem Rz1, pro nejvyšší dvě hodnoty proudu pak Rz2. Změřené hodnoty jsou v tab. 2.

Tabulka 2 - Naměřené hodnoty zdroje A pro voltampérovou charakteristiku

U1 [V]	U2ef [V]	U3ss [V]	Iss [mA]
230	2000	2790	0
230	2000	2750	100
230	2000	2680	200
230	2000	2640	400
230	1950	2600	600
230	1930	2550	800

### 2. Zjištění středního trvalého proudového zatížení, úbytku při zatížení a voltampérové charakteristiky zdroje se zdvojovačem napětí



Obr. 2 - Zapojení vn zdroje B se zdvojovačem napětí pro elektronkový zesilovač výkonu.

Použité přístroje a hodnoty součástí ve schématu:

T	230 V/900 V, 0,6 kVA
D1, D2	10x 1N5408
CF1, CF2	67 μF/1,8 kV
Rp1, Rp2	22 kΩ/100 W
Rz1	30 kΩ/100 W
Rz2	10x560 Ω/100 W
V	voltmetr do 3kV
A	ampérmetr do 1 A
U, I, R	PU510

### Postup a výpočty:

Podobně jako v první části úlohy proměříme v zapojení na obr. 2 veškeré elektrické hodnoty a to bez zátěže i se zátěží 600 mA. Taktéž ohmický odpor sekundárního vinutí. Také pro zdroj se zdvojovačem napětí existují náhradní konstanty, které usnadní výpočet středního proudového zatížení.

Impedance zdroje B tedy bude při použití konstanty 300:

$$Z = R_{\text{sec}} \times 300$$

$$Z = 10 \times 300 = 3000 \Omega$$

Pro výpočet napětí U3ss se použije konstanta 2,5:

$$U_{3ss} = U_{2ef} \times 2,5$$

$$U_{3ss} = 890 \times 2,5 = 2225 \text{ V}$$

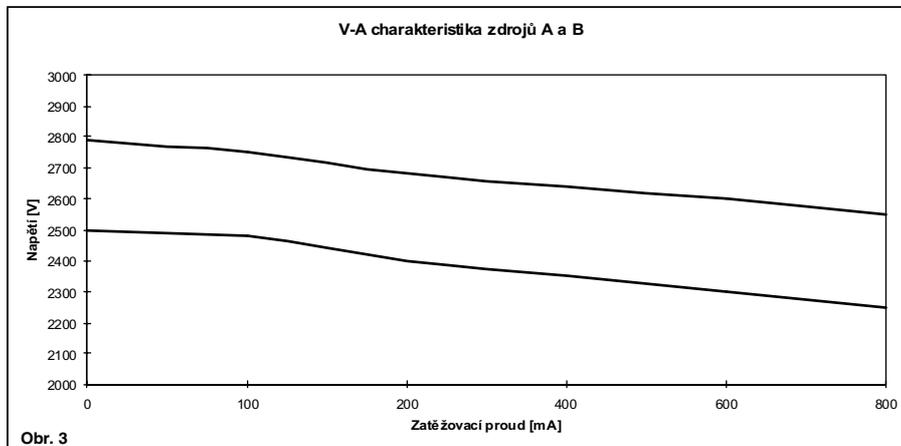
Trvalý zatěžovací proud pak bude:

$$I_{ss} = \frac{U_{3ss}}{Z}$$

Symbol	Význam	Bez zátěže	Se zátěží
U1	Napájecí napětí	230 V	230 V
U2ef	Sekundární napětí za trafem	2000 V	1950 V
U3ss	Výstupní ss napětí	2790 V	2600 V
I3ss	Zatěžovací proud	0 mA	600 mA
Rsec	Ohmický odpor sekundárního vinutí	63 Ω	

Symbol	Význam	Bez zátěže	Se zátěží
$U_1$	Napájecí napětí	230 V	230 V
$U_{2ef}$	Sekundární napětí za trafem	900 V	890 V
$U_{3ss}$	Výstupní ss napětí	2500 V	2300 V
$I_{ss}$	Zatěžovací proud	0 mA	600 mA
$R_{sec}$	Ohmický odpor sekundárního vinutí	$10 \Omega$	

$U_1$ [V]	$U_{2ef}$ [V]	$U_{3ss}$ [V]	$I_{ss}$ [mA]
230	900	2500	0
230	900	2480	100
230	900	2400	200
230	900	2350	400
230	900	2300	600
230	880	2250	800



vyhovující. Náhrada impedance zdroje ohmickým odporem sekundárního vinutí se též dá výhodně použít pro ověření neznámého trafo - zjistíme, jaký střední zatěžovací proud můžeme od zdroje očekávat.

2. Proměření voltampérové charakteristiky obou zdrojů.

Grafickým vyjádřením hodnot jsme získali větší představu o chování zdroje při různém zatěžovacím proudu. Obecně se považuje za přijatelné, když je úbytek napětí při středním trvalém zatížení menší než 10%. V našem případě oba zdroje tomuto požadavku vyhověly (viz grafické průběhy na obr. 3).

Při použití konstant je třeba si uvědomit, že jsou rozdílné pro různé způsoby usměrnění v jednotlivých typech zdrojů. Proto je také celé měření pojato jako ukázka tohoto rozdílu mezi zdrojem s můstkovým usměrňovačem a zdvojnásobkem napětí. Přesnost výsledků výpočtu vůči přímému měření je u obou zdrojů takřka stejná a potvrzuje použitelnost tohoto zjednodušeného řešení v radioamatérské praxi. Dá se tedy říci, že pro zjištění vhodnosti trafo pro nějaký konkrétní úkol stačí ohmetr a kalkulačka.

Obr. 3

$$I_{ss} = \frac{2225}{3000} = 0,74 \text{ A}$$

Potřebná minimální kapacita filtračního kondenzátoru bude při konstantě 200000:

$$C_F = \frac{200000}{Z}$$

$$C_F = \frac{200000}{4410} = 66,6 \mu\text{F}$$

### Závěr a shrnutí poznatků z Měření č. 2

V této úloze jsme si na dvou typech vn zdrojů odzkoušeli několik záležitostí:

1. Způsob, jakým se dá ověřit pokles napětí a tudíž vhodnost zdroje pro předpokládané zatížení a to přímým měřením a pak zjednodušeným propočtem.

Porovnáním obou výsledků jsme zjistili, že i zjednodušený způsob využívající upravených konstant je pro běžnou praxi naprosto