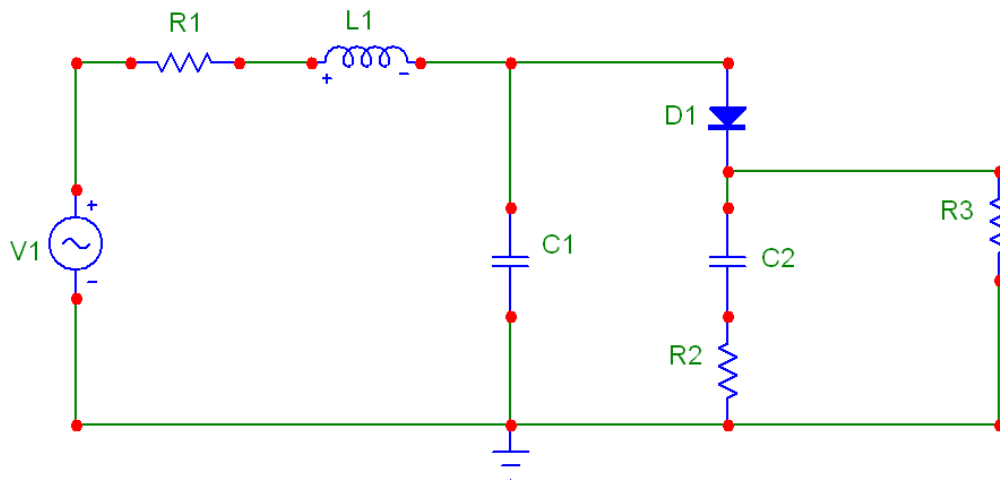


Příspěvek k odrušení napájecího zdroje audiozařízení *Petr Komp*

Tento text vychází z (1). Z anglického originálu jsem zpracoval zkrácený překlad pro použití v audiotechnice, který je doplněn vlastními výsledky simulace.

Transformátor s připojeným usměrňovačem a filtračním kondenzátorem lze převést do následujícího náhradního schématu:



Obrázek č. 1 – náhradní schéma síťového transformátoru s usměrňovačem

- R1... reprezentuje sériový odpor vinutí transformátoru
- L1... rozptylovou indukčností vinutí transformátoru
- C1... mezizávitovou kapacitu vinutí transformátoru
- D1... usměrňovací dioda
- C2 ... sběrací kondenzátor zdroje
- R3... zátěž zdroje

Určení jednotlivých hodnot náhradního schématu:

R1... zjednodušeně např. měřením úbytku na sekundárním vinutí, kterým protéká konstantní proud ze zdroje ss napětí.

$$R_1 = \frac{U}{I}$$

L1... Při zkratovaném primárním vinutí změříme multimetrem nebo RLC můstkem indukčnost sekundárního vinutí, tato naměřená hodnota je rovna hledané L1.

C1... Generátor sinusového signálu připojíme s rezistorem v sérii k měřenému vinutí. Měříme napětí na vinutí při současné změně frekvence generátoru. Nejnižší z frekvencí, při které zpozorujeme výrazné zvýšení amplitudy napětí na vinutí cívky, je hledanou rezonanční frekvencí obvodu. Primární vinutí transformátoru je při tomto měření zkratováno. Hodnotu C1 určíme ze vztahu

$$C_1 = \frac{1}{4\pi^2 f^2 L_1}$$

D1... běžná usměrňovací dioda 1N4007 má kapacitu cca $C_d = 50$ pF, pro můstkový usměrňovač jsou uvažovány 2 diody v sérii

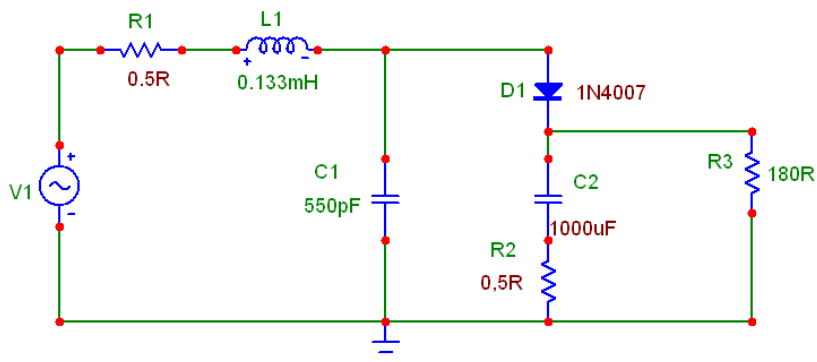
C2 ... sběrací kondenzátor o kapacitě stovky a ž tisíce μF

R2 ... ESR sběracího kondenzátoru, desetiny až jednotky Ω

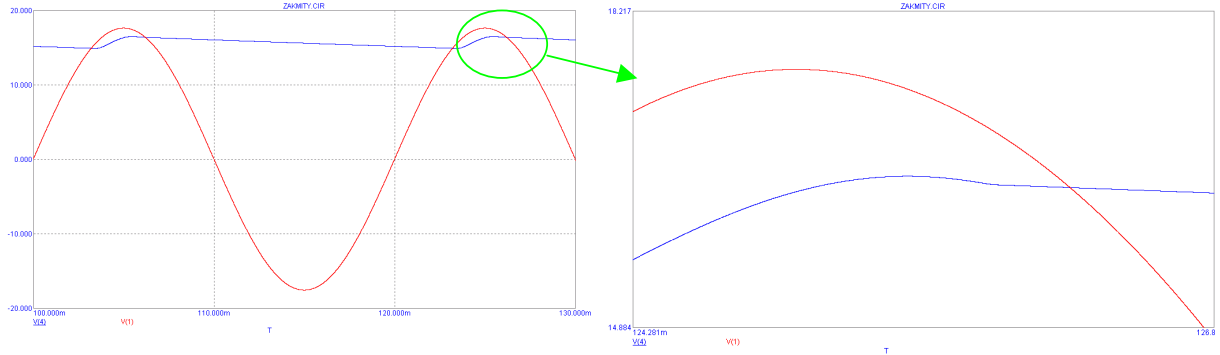
R3 ... zátěž

Autor v (1) popisuje oscilace vznikající při uzavření diody v oblasti maximálního napětí na sběracím kondenzátoru. Na obvodu podle schématu č. 1 se mi nepodařilo tyto oscilace pomocí simulace nalézt.

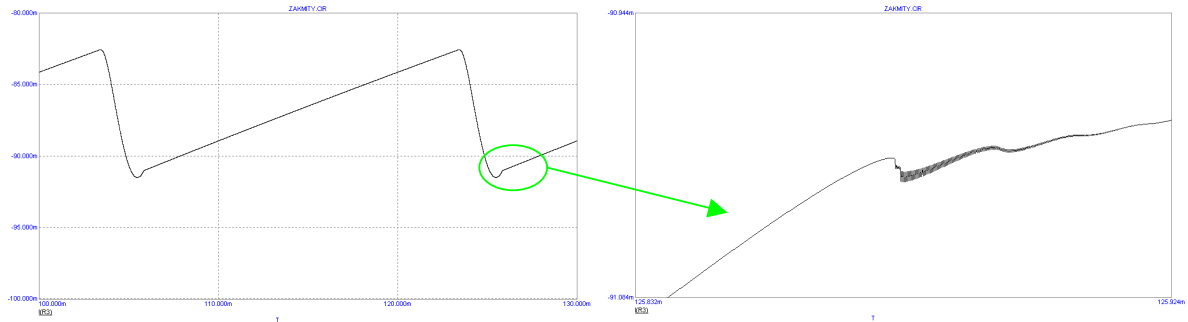
Hodnoty obvodu byly převzaty z (1), kdy mělo jít o žhavicí transformátor 12,6V, 1A (předpokládám že s primárním napětím 120 V stř).



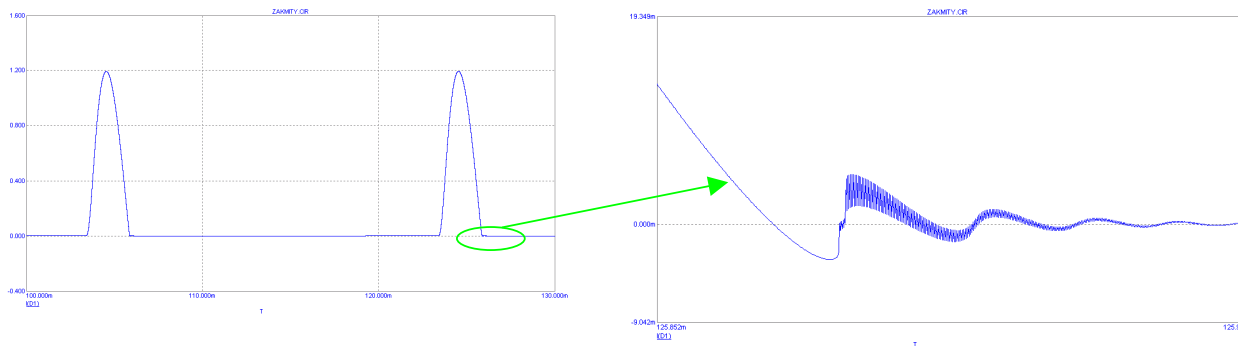
Obrázek č. 2 – náhradní schéma transformátoru s usměrňovačem s hodnotami podle (1)



Obrázek č. 3 – napětí na sekundárním vinutí síťového transformátoru (červeně) a na zátěži R3 (modře)

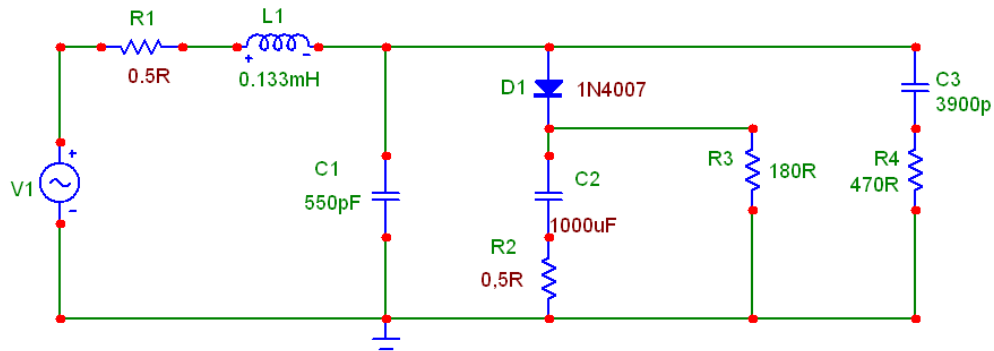


Obrázek č. 4 – proud zátěží R3



Obrázek č. 5 – proud diodou D1

Oscilacím zabrání sériová kombinace kondenzátoru C3 a odporu R4, která je připojena paralelně k sekundárnímu vinutí síťového transformátoru.



Obrázek č. 6 - náhradní schéma transformátoru s usměřovačem s hodnotami podle (1) a s odrušovacími prvky C3 a R4

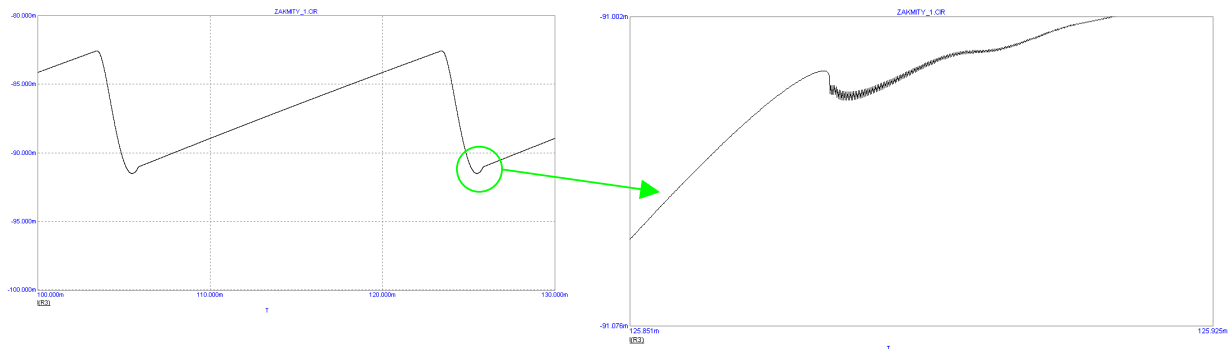
Hodnotu R4 určíme podle vztahu

$$R_4 = \sqrt{\frac{L_1}{C_{eq}}}$$

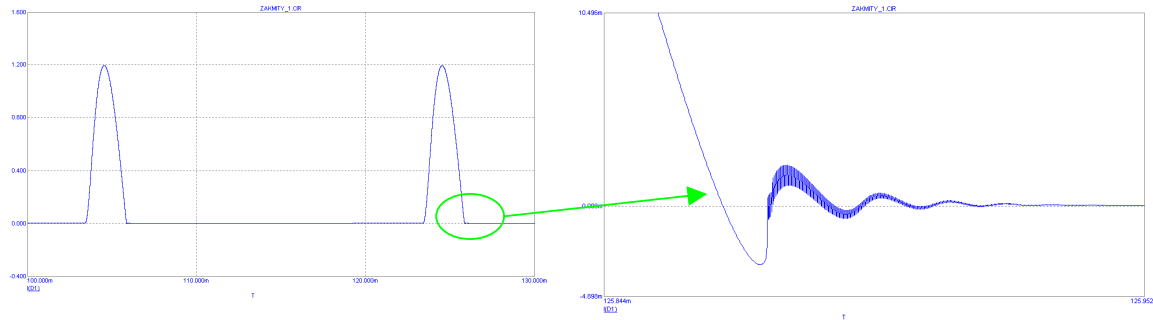
kde $C_{eq} = C1 + C_d$ (C_d je kapacita diody)

Hodnotu C3 určíme podle vztahu

$$C_3 = \frac{2\pi\sqrt{L_1 C_{eq}}}{R_4}$$



Obrázek č. 7 – proud zátěží R3 se zapojenými C3 a R4



Obrázek č. 8 – proud diodou D1 se zapojenými R4 a C3

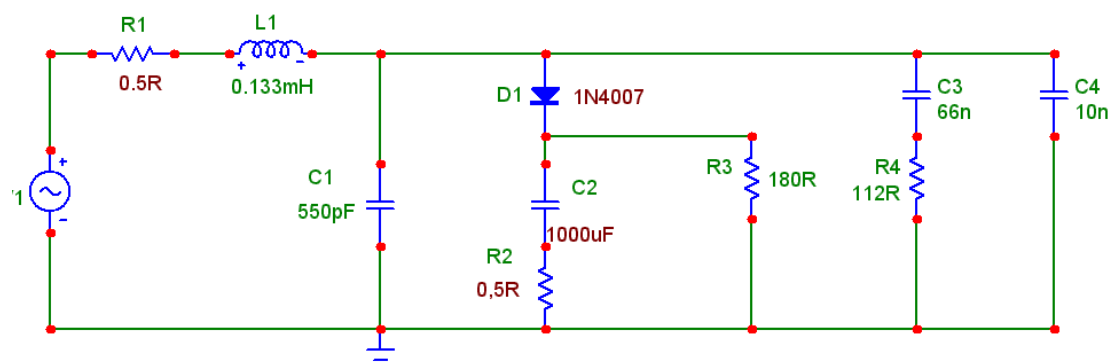
Pokud připojíme paralelně k sekundárnímu vinutí transformátoru paralelně kondenzátor C4 o hodnotě např. 10 nF, která je podle (1) obvyklá a často doporučovaná, pak musíme stanovit hodnoty R4 a C3 následujícím způsobem:

$$R_4 = \sqrt{\frac{L_1}{C_{eq}}}$$

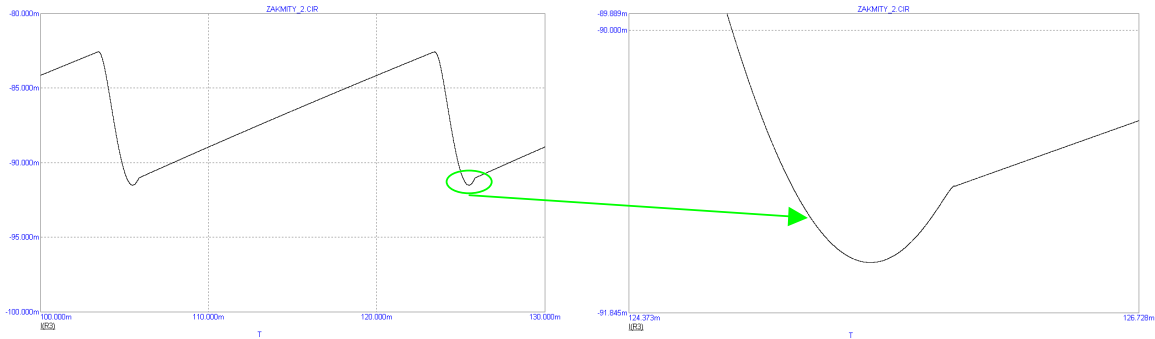
kde $C_{eq} = C_1 + C_d + C_4$

Hodnotu C3 určíme opět podle vztahu

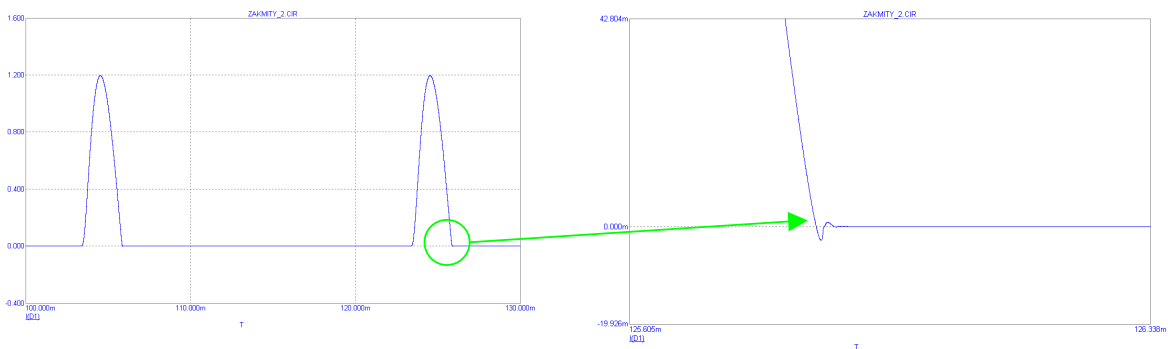
$$C_3 = \frac{2\pi\sqrt{L_1 C_{eq}}}{R_4}$$



Obrázek č. 9 - - náhradní schéma transformátoru s usměřovačem s hodnotami podle (1) a s odrušovacími prvky C3, R4 a C4



Obrázek č. 10 – proud zátěží R3 se zapojenými C3, R4 a C4



Obrázek č. 11 – proud diodou D1 se zapojenými C3, R4 a C4

Závěr

Laskavý čtenář si závěry může učinit sám. Připojením 2 kondenzátorů a 1 odporu paralelně k sekundárnímu vinutí síťového transformátoru bylo dosaženo podstatného omezení zákmitů při spínání usměrňovací diody. Jistou nevýhodou výše uvedeného postupu je nutnost individuálního měření každého síťového transformátoru. Další otázkou je shoda simulace se skutečností, která bude vyžadovat další experimentální práci.

Poznámka: k simulaci bylo použito demoverze programu Microcap.

Literatura:

1. Hagerman, J. Calculating optimum snubbers, December 1994
www.hagtech.com/articles.html