

Mini Teslův transformátor

V. Grossmann

Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská, Břehová 7, 115 19 Praha 1

grossvoj@fjfi.cvut.cz

Abstrakt

Ve svojí práci jsem se zabýval stavbou malého Teslova transformátoru určeného na nízké napětí. Sestavil jsem obvod napájený devítivoltovou baterií a vyzkoušel jsem různé způsoby zapojení. Konečným výsledkem byl funkční obvod schopný bezdrátově rozsvěcet halogenové zářivky na krátkou vzdálenost.

1 Úvod

S Teslovým transformátorem jsme se mohli setkat jak ve filmech, tak třeba na hodinách středoškolské fyziky. V naprosté většině případů jde o velké a drahé zařízení, na jehož provoz platí přísná bezpečnostní opatření. Málokdo však ví, že jde postavit i menší verze, která sice není tak efektní, zato je zcela bezpečná, levná a přesto zajímavá.

2 Teorie

2.1 Teslův transformátor

Toto zapojení známé také jako Teslova cívka navrhl v 90. letech 19. století známý vynálezce Nikola Tesla. Zařízení je určeno k výrobě vysokého napětí s nízkým proudem a vysokou frekvencí. Stalo se populárním hlavně díky bleskům vycházejícím z vysokonapěťové části obvodu, které způsobují zajímavou vizuální show, a schopnosti bezdrátově napájet elektrická zařízení, zejména pak zářivky.

2.2 Složení

Existuje několik možností pro stavbu Teslova transformátoru. Klasicky se používá sestava s jiskřištěm, které v obvodu vytvoří střídavé napětí, nutné pro jeho funkci. Vyžadují ovšem přívod stejnosměrného napětí kolem 5 – 10 kV. Místo něj je v současnosti možné použít tranzistory, nebo celé integrované obvody. Ty vyžadují mnohem menší napětí, a to v řádu jednotek až stovek voltů.

Kromě zdroje vysokofrekvenčního napětí jsou potřeba dvě cívky, primární a sekundární. Primární cívka má menší počet otáček, řádově jednotky až desítky. Na sekundární cívce je mnohem větší počet otáček, a to stovky až tisíce, do obvodu je zapojena pouze jedním svým koncem, druhý zůstává odhalený v prostoru. Díky elektromagnetické indukci vzniká na sekundární cívce vysoké napětí, které vytvoří silné elektrické pole v okolí jejího nezapojeného konce. Když je toto pole dostatečně silné, může ionizovat okolní vzduch a vytvořit tak blesky, díky kterým je toto zapojení známé.

2.3 Rezonance

Počet závitů a rozměry primární a sekundární cívky nemůžou být zvoleny náhodně. Musí být totiž v rezonanci, což znamená, že se jejich frekvence rovnají. To můžeme zapsat vztahem (1), kde L a C jsou indukčnost a kapacita.

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_1 C_1}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_2 C_2}} \quad (1)$$

Když index 1 přiřadíme k primární a 2 k sekundární cívce, po jednoduché úpravě získáme vzorec (2), který říká, že indukčnost násobená kapacitou obou cívek se musí rovnat.

$$L_1 C_1 = L_2 C_2 \quad (2)$$

Kapacita primární cívky závisí na použitých součástkách a kapacita sekundární závisí na atmosférických podmínkách, je totiž určena převážně vlhkostí vzduchu. Stačí však vědět, že je velmi malá. Sekundární cívka proto musí mít mnohonásobně větší počet závitů, aby poměr zůstal zachován. Počet závitů N totiž zvyšuje indukčnost, jak je vidět ze vztahu (3).

$$L = \mu N^2 \frac{S}{l} \quad (3)$$

Dalšími faktory jsou průřez cívky S , délka vodiče l a permeabilita μ , počet závitů je však zdaleka nejlépe měnitelná veličina.

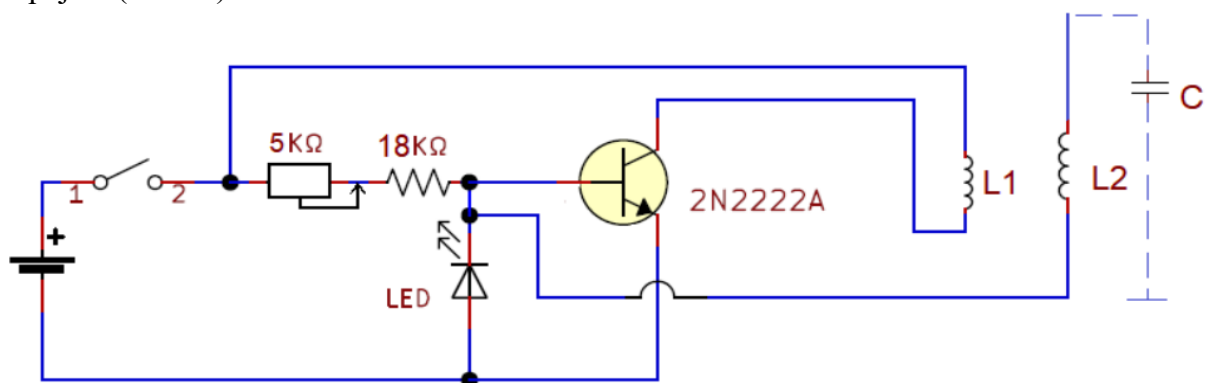
3 Praktická část

3.1 Cíl praktické části

Sestrojit malou Teslovu cívku s napájením z 9V baterie, která dokáže rozsvítit žárovku.

3.2 Zapojení obvodu

Návod jak zapojit obvod jsem našel na internetu, a podle něj jsem upravil schéma zapojení (Obr. 1).

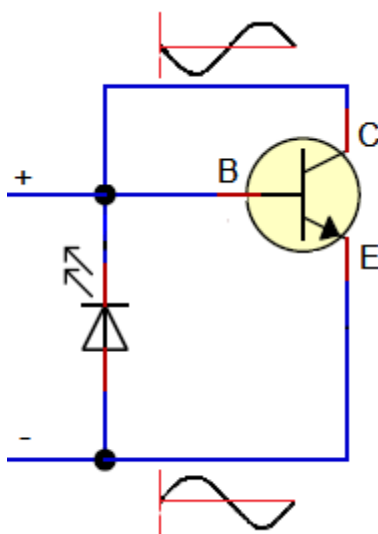


Obr. 1: Schéma zapojení

Použil jsem následující součástky: 9V baterii, odpor 18 k Ω , proměnný odpor 5 k Ω , tranzistor 2N2222A, LED diodu na 3 V a vypínač. Primární cívka L1 má 3 otáčky a jedná se o izolovaný vodič o průměru 2 mm. Sekundární cívka L2 je z transformátorového drátu s průměrem 0.3 mm s 300 otáčkami a je navinuta na trubce z nevodivého materiálu. Kondenzátor C představuje pouze vlastnosti vzduchu, nicméně pro správnost schématu by v něm figurovat měl.

3.2 Funkce

Vzhledem k tomu, že baterie produkuje pouze stejnosměrné napětí, je potřeba ho převést na střídavé, bez kterého obvod nemůže fungovat. O to se postará tranzistor 2N2222, který je navržen tak, aby produkoval střídavé napětí mezi bází B a emitorem E a bází B a kolektorem C v opačné fázi (**Obr. 2**). Frekvence tohoto napětí se mění přidáním vnějšího odporu (toto není obecná vlastnost pro všechny tranzistory vytvářející střídavé napětí a platí pouze pro tento konkrétní tranzistor 2N2222, protože byl takto navržen). Nezatížený tranzistor, tj. bez vnějšího odporu, má na výstupu frekvenci 300 Mhz. Při zapojení odporu na bázi tranzistoru (viz. **Obr. 1**) se frekvence snižuje. S hodnotou kolem 20 k Ω klesne frekvence z 300 Mhz na přibližně 700 kHz. To je proto, že při vyšší frekvenci by byla potřeba více otáček na sekundární cívce, aby rezonance mezi cívkami zůstala zachována a obvod fungoval.



Obr. 2

Malý proměnný odpor je v obvodu proto, aby vyvážil nestálost vzduchu v místnosti. Tím, jak je cívka malá, je velmi náchylná na změny vnějších podmínek a rezonance cívek je narušena. I když bude zapojení zdánlivě bez problému fungovat, tranzistor se může přehřát a shořet. Úpravou hodnoty odporu na bázi tranzistoru se lehce mění frekvence a musíme ji manuálně naladit tak, aby se tranzistor nepřehříval.

Ve schématu je ještě zakreslena LED dioda. Ta slouží jako indikátor funkčnosti, protože svítí po celou dobu, kdy obvodem protéká střídavé napětí, díky kterému také svítí. Dioda totiž funguje jako usměrňovač, a když se na ni přivede střídavé napětí z emitoru, začne blikat, ovšem vzhledem k vysoké frekvenci to okem nemůžeme postřehnout a zdá se, že svítí.

4 Výsledek

Po sestavení byl obvod schopen produkovat na sekundární cívce napětí kolem 1,5 kV s frekvencí přibližně 700 MHz. Obvod bez problému zvládá rozsvítit halogenovou žárovku v těsné blízkosti konce sekundární cívky a je možné dosáhnout i malé jiskry, bohužel pouze na vzdálenost kolem 1 mm.

5 Shrnutí

Cíl mojí práce byl postavit Teslův transformátor napájený devíti volty, který by dokázal rozsvítit žárovku. To se mi povedlo, zjistil jsem však, že takto malý transformátor je velmi náchylný na změny vlastností okolního vzduchu, což v obvodu způsobuje přehřívání, díky kterému není schopen zůstat v provozu déle než pár minut. Tento pokus je však více než způsobilý k poskytování krátkých ukázek funkce Teslova transformátoru a to bez jakýchkoliv drahých součástek a bezpečnostních rizik.

6 Poděkování

Děkuji Milanu Grossmannovi za poskytnutý materiál a ing. Vojtěchu Svobodovi, CSc. za rady ohledně prezentování a správného provedení práce.

Reference

- [1] Tesla Coil Schematic Wiring Diagram [online]. [cit. 2019-12-17]. Dostupné z: <http://20.quit.madmansmilk.de/tesla-coil-schematic-wiring-diagram.html>
- [2] Slayer Exciter Circuit with a Tesla Coil [online]. [cit. 2019-12-17]. Dostupné z: <https://www.electroboom.com/?p=521>
- [3] Mini tesla coil Circuit. [Http://www.theorycircuit.com/](http://www.theorycircuit.com/) [online]. [cit. 2019-12-17]. Dostupné z: <http://www.theorycircuit.com/mini-tesla-coil-circuit/>