

Teslův transformátor

D. Grzegorz

Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská, Břehová 7, 115 19 Praha 1
grzegorz.dominik@seznam.cz

Abstrakt

Cílem práce je navrhnout a sestavit Teslův transformátor typu DRSSTC. Hlavní výhoda spočívá v možnosti vytvářet hudbu pomocí elektrického výboje. Součástí práce je rovněž seznámení s vynálezcem, teoretický rozbor principu činnosti a následná realizace.

1 Úvod

Teslův transformátor je jeden z vynálezů Nikola Tesly, kolem kterého se sestavila spousta konspiračních teorií. Zařízení, které vytváří na základě dvou rezonančních obvodů vysokofrekvenční velmi vysoké napětí, se proslavilo hlavně díky myšlence šíření elektrické energie vzduchem.

2 Nikola Tesla

Nikola Tesla „Pán blesků“ se narodil v Chorvatsku. Pracoval jako elektroinženýr v Budapešti, Německu a ve Francii. Byl úžasný vynálezce a soustředil se na systémy využívající střídavý proud.

Tesla objevil, že magnetické pole může rotovat a vynalezl střídavý indukční motor, který nyní známe pod názvem asynchronní motor. V 90. letech narůstaly Teslovy konflikty s Edisonem v tzv. „válce proudů“, v níž se diskutovalo o vhodnosti užití stejnosměrného nebo střídavého elektrického proudu v rozvodné síti. Edison, který si chtěl udržet příjmy z patentů na stejnosměrné přístroje, vynaložil mnoho úsilí a prostředků, aby Teslův koncept znevěrohodnil. Nakonec neuspěl a firma Westinghouse Electric Corporation uvedla do provozu první elektrárnu na Niagarských vodopádech s využitím Teslových generátorů na střídavý proud.

V roce 1900 se pustil do velkého projektu tzv. Wardencliffské věže, která měla umožňovat bezdrátovou distribuci elektřiny na velké vzdálenosti. S výstavbou 57 metrů vysoké věže se začalo na Long Islandu. Tesla však ztratil podporu a věž byla později zničena.

Nikola Tesla byl schopný a plodný vynálezce. Ale zabýval se nákladnými vizionářskými projekty, které bylo obtížné uvést do praxe. Tesla se uchýlil do ústraní a zemřel poměrně chudý a zapomenutý. Na jeho počest byla pojmenována jednotka veličiny magnetické indukce a značka elektrického automobilu.

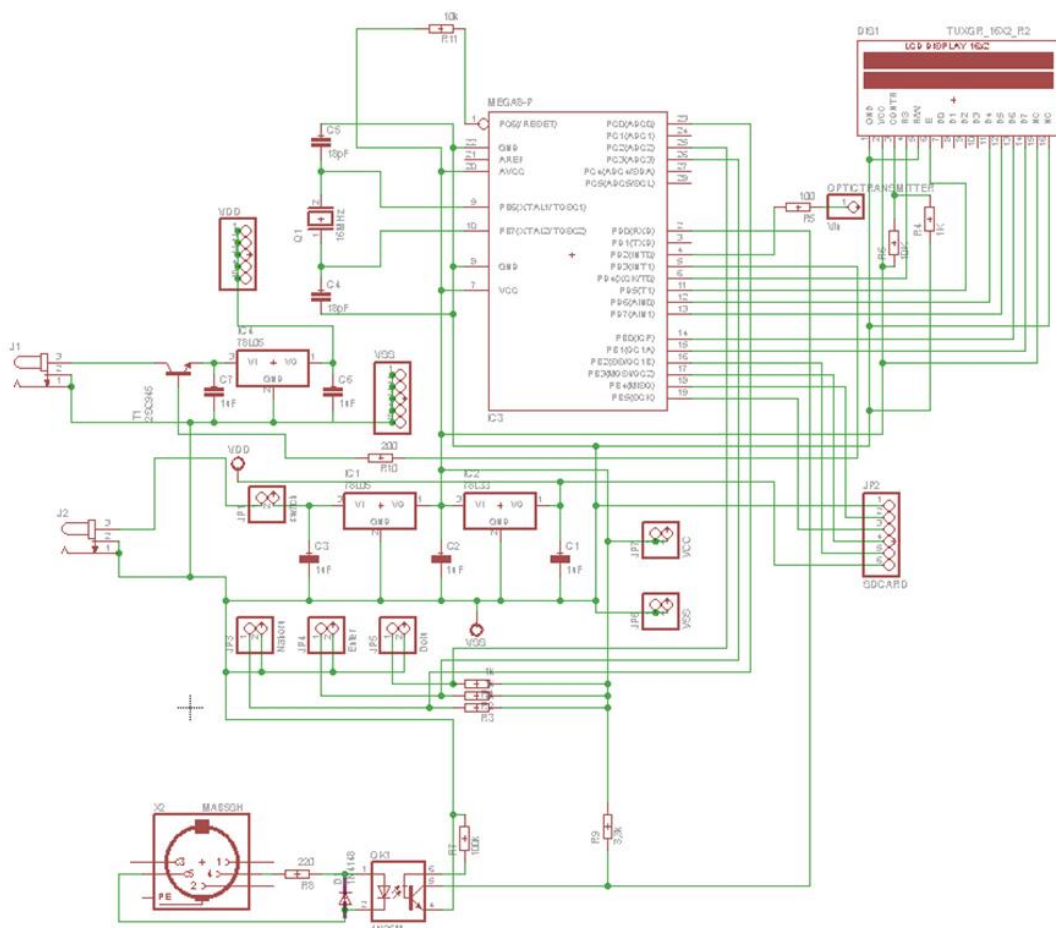
3 Teorie

Princip činnosti obyčejného Teslova transformátoru již každý zná, co však vznikne, když původní myšlenku z 19. století obohatíme o modernější technologie? Umožní nám to řídit frekvenci a napětí výboje. Klíčový rozdíl mezi transformátory spočívá v principu buzení. Klasický transformátor je buzen pomocí jiskřiště, my však pro naše účely využijeme

polovodičové výkonové spínací součástky a řešení dalších problémů budeme hledat v komplexnějších oblastech elektrotechniky a automatizovaných systému.

3.1 Řídicí obvod

Veškerá regulace začíná v řídicím obvodu. Jedná se o obvod, který umožňuje uživateli řídit transformátor pomocí vstupních periférii nebo TCP/IP komunikace. Napájení zde zajišťují dvě 9V baterie, jejichž napětí je stabilizováno na 5V a 3,3V. Mozkem celého obvodu je procesor typu AVR, který naše nastavení zobrazuje na displeji a následně vytváří logickou nulu nebo jedničku v určitých časových intervalech (tzv. PWM). Na závěr je vytvořen signál převeden na světelný paprsek, aby během přenosu nedocházelo k silnému zkreslení signálu.



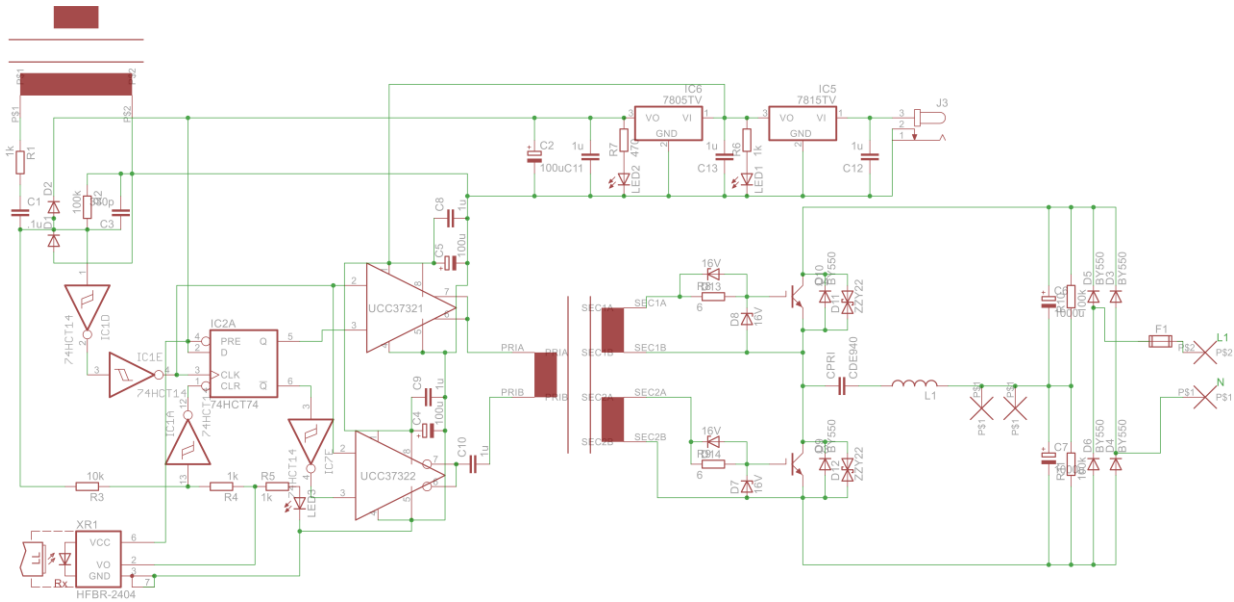
Obr. 1: Schéma řídicího obvodu

3.2 Zpracování signálu a výkonová elektronika

Signál přijatý z optického vlákna je nejdřív zapotřebí odrušit pomocí CMOS technologie z důvodu disperze v optickém vlákne. Následně je porovnáván se signálem

změřeným na výstupu a zesílen operačními zesilovači, které jsou součástí mosfet-driveru. Tyto obvody vytvoří dva invertované průběhy a pomocí toroidního transformátoru tvarují spouštěcí signály pro otevírání IGBT tranzistorů.

Výkonová elektronika umožňuje vyrobit námi požadovanou frekvenci. Nejdřív je zapotřebí vytvořit symetrické stejnosměrné napájení ze síťového napájení. Toho docílíme použitím můstkového usměrňovače, filtrace a vytvořením středu z dvou totožných rezistorů. Nejdůležitější činnost však vykonávají tranzistory IGBT v half-bridge zapojení. Na základě spouštěcích signálů umožňují vytvářet střídavé napětí o námi požadované frekvenci.



Obr. 2: Schéma zapojení

3.3 Rezonanční obvody

Rezonanční obvod je tvořen cívku a kondenzátorem. Představíme-li si, obvod obsahující pouze nabité kondenzátor a cívku. Kondenzátor se začne vybíjet přes cívku a kolem ní se vytvoří magnetické pole. Když se však kondenzátor vybije, cívka už nemá napětí na vytváření magnetického pole, začne oponovat a změni svoji polaritu. Na cívce dojde k indukovaní napětí a to zapříčiní nabíjení kondenzátoru. V ideálním stavu tento jev bude pokračovat až do nekonečna, avšak odpor vedení bude způsobovat tlumené kmity, a proto je zapotřebí rezonanční obvod budít zdrojem.

Teslův transformátor obsahuje dva rezonanční obvody primární a sekundární. Primární je napájen pomocí námi vytvořené frekvence. Nehomogenní magnetické pole, které vznikne kolem primární cívky, indukuje napětí na cívku sekundární sekundárního rezonančního obvodu a ta nabíjí toroid (jeden dipól kondenzátorů). Po nabití dochází k uzavření obvodu přeskokem elektrického výboje a cyklus se opakuje. Právě díky oddálení

kondenzátorových desek vniká elektromagnetického vlnění, a to způsobuje např.: ionizaci plynu v zářivce.

4 Praktická část

Samotné sestavení Teslova transformátoru jsem započal návrhem sekundárního rezonančního obvodu. Při návrhu jsem vycházel z dřívějších zkušeností, díky nimž jsem zjistil, že pro daný průměr vodiče je nejvýhodnější vytvořit cívku v poměru asi 1:5 (průměr vinutí : výška vinutí). Cívka byla navinuta na válec o průměru 65mm a celkový počet závitů odpovídá 1750 ± 10 . Následně jsem vytvořil toroid a změřil rezonanční kmitočet sekundárního rezonančního obvodu.

Díky znalosti napájecího napětí jsem vypočítal vhodnou kapacitu pro primární rezonanční obvod a určil vhodný počet závitů tak aby rezonanční kmitočet byl o 10% menší než rezonanční kmitočet sekundárního obvodu (obvykle se transformátory ladí na totožnou frekvenci, nyní však musíme zamezit vzrůstu proudu, který může způsobit destruktci tranzistorů). Primární vinutí jsem zvolil ve tvaru solenoidu a průměr na základě činitele vazby mezi cívkami s důrazem na nebezpečí zkratu mezi vinutími.

Dále jsem vytvořil program, který vytváří PWM signál pro řízení transformátoru. Program jsem napsal v jazyce Wiring s prvky HTML, otestoval pomocí Arduina a následně navrhl desku plošného spoje. Deska byla osvětlená ultrafialovým zářením, ponořená do FeCl_3 , osazena a úspěšně otestována.

Na závěr zbývalo vytvořit základní desku, která zpracovává signál a obsahuje výkonovou elektroniku. Návrh této části byl poněkud složitější, a proto jsem vycházel z práce společnosti OneTesla. Upravil jsem nedostatky a doplnil o ochrany ve výkonové elektronice, které způsobovaly zničení IGBT tranzistoru.

5 Závěr

Ačkoliv na první pohled se to zdá, však vytvořit plně funkční Teslův transformátor je často velmi složité. Při stavbě mého transformátoru jsem se potýkal s mnoha problémy, které často způsobovaly destruktci IGBT tranzistoru, spálení cívky nebo zničení jiných součástek. V současné době transformátor funguje pouze při 25 % napájecím napětí, protože vyšší napětí stále způsobuje destruktci tranzistorů.

Co se týče dalších kroků chtěl bych kompletně předělat výkonovou část obvodu. Použít dvojité full-bridge zapojení tranzistorů, lepší filtraci síťového napájení a napájet transformátor pomocí 3x400V. Je rovněž zapotřebí z hlediska softwarové zajistit mrtvé časy během spínání tranzistorů a doprogramovat TCP/IP komunikaci.

6 Reference

[1] *OneTesla* [online]. Massachusetts: Bayley Wang, 2012 [cit. 2019-11-18]. Dostupné z: <http://onetesla.com/>

[2] Nikola Tesla. *ConVERTER* [online]. Česká republika: Jiří Bureš, 2002 [cit. 2020-01-29]. Dostupné z: <http://www.converter.cz/fyzici/tesla.htm>