ZÁKLADNÍ ŠKOLA TOMÁŠE GARRIGUA MASARYKA

TESLŮV TRANSFORMÁTOR

Závěrečná práce žáka 9.ročníku

Školní rok **2018/2019**

Denis Kučera, 9. C

Annotation

My final work is about Tesla coil. I chose this topic because I have been interested in electricity and high voltage for a long time. The first chapter is about the inventor of Tesla coil, famous scientist Nikola Tesla. In the second chapter I write about principle and function of Tesla coil. In the third chapter I am going to show you different types of Tesla coils. Next chapter is about applications of Tesla coils. In the last chapter I am going to describe my own project of Tesla coil - planning, preparation and construction.

Poděkování

Rád bych poděkoval mému vedoucímu práce panu učiteli Tronečkovi a paní učitelce Sotákové za pomoc s úpravami této závěrečné práce. Dále bych chtěl poděkovat všem rodinným příslušníkům, kamarádům a známým, kteří se každý podle svých možností podíleli na stavbě samotného Teslova transformátoru. Největší dík patří panu Dušanu Fajkovi za poskytnutí potřebných materiálů na stavbu a Marku Husákovi za pomoc při konstrukci Teslova transformátoru.

Obsah

1. Úvod 3
2. Vynálezce Nikola Tesla 4
3. Objasnění funkce 5
4. Druhy Teslových transformátorů 7
5. Využití Teslových transformátorů 9
6. Můj Teslův transformátor 9
   6.1. Návrh 10
   6.2. Příprava materiálu 11
   6.3. Konstrukce 13
7. Závěr 15
8. Zdroje 15

1. Úvod

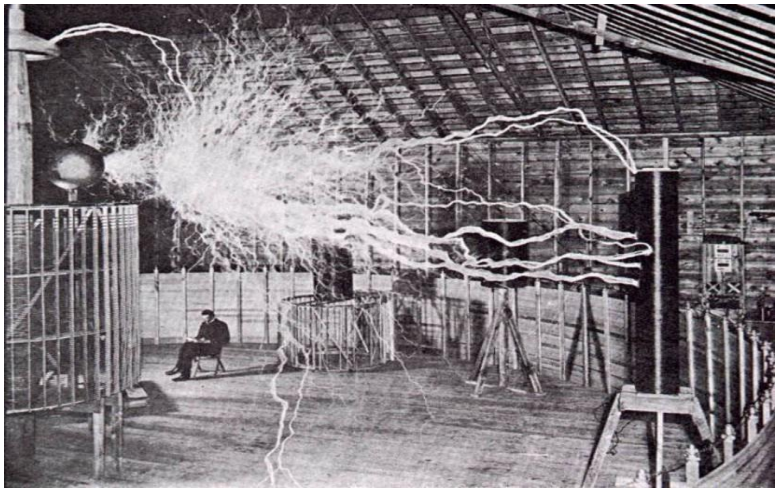
Již od malička mě zajímá elektrotechnika a vše s ní spojené. Od prvních krůčků s jednoduchými elektronickými stavebnicemi postupně procházím různými odvětvími elektrotechniky, která mě čím dál více baví a naplňuje. Poslední dobou se zajímám o transformátory a vysoké napětí. Při postupném studiu této problematiky jsem se seznámil s velmi neobvyklým transformátorem, který mě velmi zaujal. Právě o takovém transformátoru a jeho slavném vynálezci tahle práce pojednává. Cílem této práce je objasnění konstrukce a funkce tohoto zařízení, přičemž bych rád poukázal i na moje vlastní úspěchy s konstrukcí a realizací tohoto velmi zajímavého projektu.

2. Vynálezce Nikola Tesla

Proč se tomuto zařízení říká právě Teslův transformátor? Přístroj je pojmenovaný podle svého vynálezce, slavného fyzika chorvatského původu Nikola Tesly. Většina lidí si ho vybaví ve spojení s vynálezem střídavého proudu, ale málokdo ví, že Tesla výrazně předstihnul svoji dobu a je vynálezcem mnoha jiných významných zařízení, bez nichž si dnešní fungování vůbec nedokážeme představit.

Tesla měl již od malička talent na přírodní vědy, proto studoval na školách většinou technického zaměření. Po ukončení studia chvíli pracoval v telegrafní společnosti a intenzivně se zabýval výzkumem střídavého proudu. Jeho snem bylo se setkat se slavným Thomasem Edisonem a předvést mu myšlenku střídavého proudu. Setkat se s Edisonem se mu nakonec podařilo, ale vzájemnou spoluprací byl zklamán. Edison totiž Teslu odmítl a jeho myšlenku označil za nereálnou. Tesla tedy začal hledat investory jinde, a nakonec se dohodl na spolupráci s Westinghousem. Společně založili novou firmu konkurující Edisonovi a tím vznikla tzv. Válka proudů.

Ze začátku se zdálo, že Tesla nemá proti Edisonovu stejnosměrnému proudu šanci, ale nakonec to byl právě Tesla, který rozsvítil svým střídavým proudem celý svět. Právě z tohoto období pochází také Teslův transformátor přelomové zařízení, které fascinovalo a uchvátilo tisíce lidí svými mohutnými dosud nevídanými elektrickými výboji. Tesla však chtěl něco více, než jen mohutné elektrické výboje.Proto v městečku Colorado Springs vybudoval novou větší laboratoř s velkým Teslovým transformátorem, jehož výška přesahovala 14 metrů. Teslovým hlavním cílem byl bezdrátový přenos elektrické energie. Chtěl vybudovat celosvětovou bezdrátovou síť.

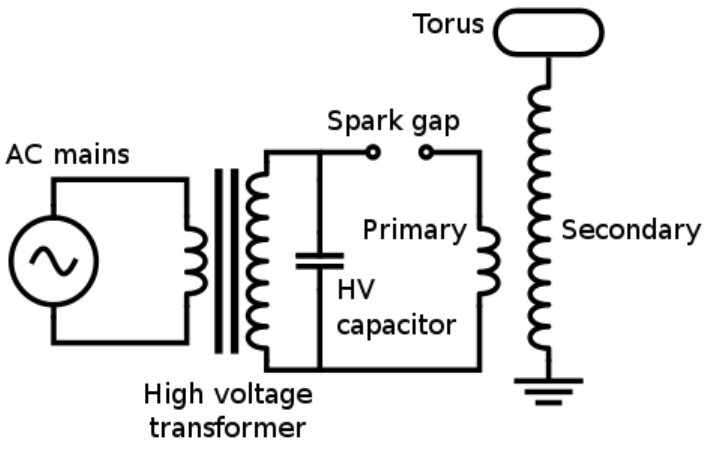


Obrázek 1. *Tesla ve své laboratoři v Colorado Springs*

Bohužel jeho genialita v oblasti fyziky byla pravým opakem jeho podnikatelské naivity. Přestože se jeho generátory staly hybnou silou amerického průmyslu a umožnily Westinghousovi vydělávat miliony dolarů, Tesla byl díky špatně sepsané smlouvě až do konce života odkázaný na přízeň investorů. Neustále narážel na skutečnost, že jeho myšlenky a vize byly na tehdejší dobu až příliš pokrokové. Jeho největší projekt stavby obřího Teslova transformátoru na Long Islandu byl nakonec pozastaven právě pro nedostatek financí. Stavba tohoto obřího transformátoru o výšce 57 metrů se tak naneštěstí nerealizovala. Teslovi se sice nepodařilo vytvořit celosvětovou bezdrátovou síť, ale během svých pokusů objevil nespočet dosud neznámých fyzikálních jevů, které daly základ novodobé elektrotechnice.

3. Objasnění funkce

Pro objasnění funkce je třeba porozumět všem jednotlivým částem Teslova transformátoru a zároveň znát jejich vzájemnou součinnost. Teslův transformátor je vzduchový transformátor vytvářející velmi vysoké střídavé napětí v hodnotách statisíců voltů o vysoké frekvenci v řádech stovek kilohertz. Sekundární cívka má nejčastěji přibližně 1000 až 3000 závitů, je vinuta tenkým drátem závit vedle závitu na duté válcové kostře. Primární cívku tvoří malý počet závitů silným drátem. Tato cívka má kónický, vertikální nebo horizontální tvar, přičemž nejčastěji se používá tvar kónický. Na vrcholu sekundární cívky se nachází vybíjecí elektroda. Může mít tvar disku, koule nebo toroidu. Konstrukce elektrody je uzpůsobena vzniku velmi nízké kapacity v řádech pikofarad a společně se sekundární cívkou tvoří sekundární rezonanční obvod.



Obrázek 2. *Schéma zapojení jiskřištěm buzeného Teslova transformátoru*

Primární rezonanční obvod je tvořen výše zmiňovaným primárním vinutím, velmi dielektricky pevným kondenzátorem o kapacitě v řádech nano farad a výkonným budičem, který je většinou tvořen jiskřištěm, tranzistorem nebo elektronkou. Primární rezonanční obvod a sekundární rezonanční obvod tvoří dohromady dva induktivně vázané rezonanční obvody. Abychom dosáhli co největších výbojů, musíme oba dva obvody naladit na totožnou frekvenci. Teprve potom dochází k účinné výměně energie mezi primárním a sekundárním rezonančním obvodem.

Po spuštění transformátoru se odehrávají následující děje z měkkého zdroje vysokého napětí se nabíjí přes primární vinutí kondenzátor. V okamžiku, kdy je na kondenzátoru dostatečné napětí potřebné k proražení vzduchové mezery v jiskřišti, vznikne jiskra a kondenzátor se přes jiskřiště vybije do primární cívky. V primární cívce začnou vznikat vysokofrekvenční tlumené kmity. Tlumené kmity se indukují na sekundární cívce, vzniká velmi vysoké napětí o vysoké frekvenci. Z vybíjecí elektrody začínají sršet elektrické výboje. Toto velmi vysoké napětí má velmi zvláštní vlastnosti.

Obrázek 3 *Průběh napětí na primárním vinutí*

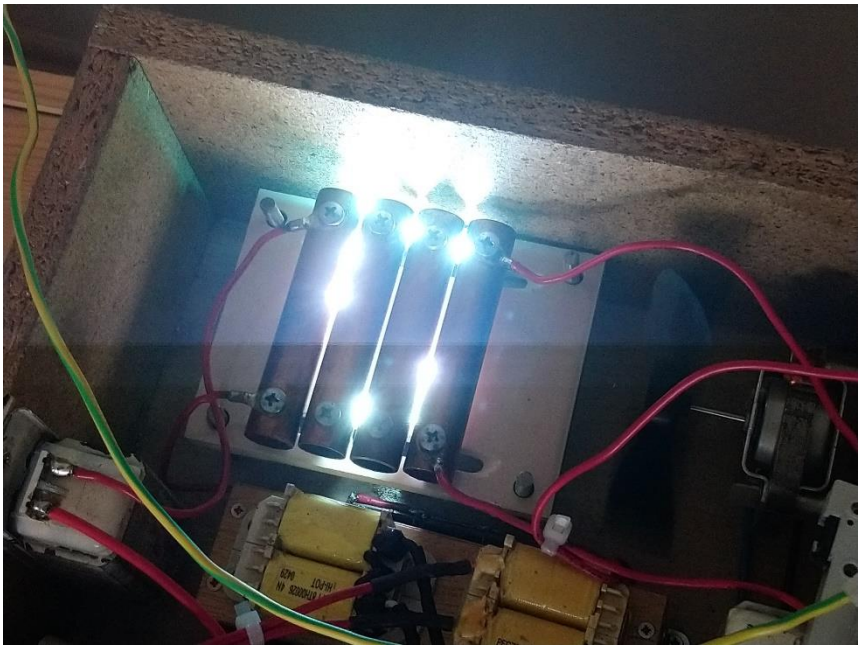
Během provozu Teslova transformátoru dochází ke vzniku několika velmi zajímavých jevů. Díky vysoké frekvenci se zde projevuje tzv. skin efekt, kdy proud neprochází přes materiál, ale pouze po povrchu materiálu. Pomocí tohoto jevu nejsou výboje životu nebezpečné, protože elektrický proud nezasahuje důležité tělesné orgány, ale naopak je veden pouze po povrchu těla. Dalším velmi zvláštním úkazem je samovolné rozsvěcování všech plynem plněných žárovek, zářivek, doutnavek a podobných zařízení, které se nacházejí v blízkosti Teslova transformátoru.

Teslův transformátor při svém provozu vytváří velké množství jedovatého ozónu a vytváří silné elektromagnetické rušení, které může poškodit okolní elektroniku. Jeho výboje sice nemusí být smrtelně nebezpečné, ale můžou způsobit vážné popáleniny.

4. Druhy Teslových transformátorů

Od doby vynalezení prvního Teslova transformátoru došlo v oblasti elektrotechniky k velkým změnám. Postupem času se zjistilo, že Teslův transformátor, pracující na původní bázi, má řadu nedostatků. Proto se začaly vyvíjet nové varianty Teslova transformátoru, pracující na stejném principu, pouze s použitím modernějších technologií. Zjistilo se, že největším problémem původního Teslova transformátoru byl druh použitého budiče. Proto se v nově vzniklých variantách mění hlavně druh buzení. Začaly tak postupně vznikat nové druhy Teslových transformátorů.

První druh, původní verze Teslova transformátoru, pracuje na bázi jiskřiště. Proto je označován zkratkou SGTC neboli "spark gap tesla coil". I když byl navržen již v 19. století, používá se dodnes. Hlavním důvodem jeho použití jsou obrovské výkony, které lze přes jiskřiště přenášet. Správně vyladěné výkonné SGTC může bez problémů vyrábět výboje až do vzdálenosti několika metrů. Nevýhodou SGTC jsou obrovské tepelné ztráty, ke kterým dochází při přeskoku jisker v jiskřišti. Tyto ztráty jsou způsobeny velmi malou vzájemnou vzdáleností elektrod a vysokou rychlostí přeskoku jisker. Proto se musí jiskřiště během provozu neustále chladit. Další nevýhodou jiskřiště SGTC je silné elektromagnetické rušení, které při přeskoku každé jiskry vzniká. I přesto je SGTC stále nejpopulárnějším druhem Teslova transformátoru, hlavně z důvodu své jednoduchosti a výkonnosti.



Obrázek 4 *Velké množství energie uvolňující se v jiskřišti*

Další druh Teslova transformátoru je elektronkou buzený Teslův transformátor označovaný zkratkou VTTC neboli "vacuum tube tesla coil". Jedná se o konstrukčně náročnější Teslův transformátor. Výkon i velikost VTTC určuje hlavně druh použité elektronky. Nejčastěji se používají výkonové triody nebo pentody. Schéma zapojení složité není, je však třeba velmi dbát na přesnost. Jakákoli chyba může elektronku nenávratně zničit. VTTC dosahuje velmi vysoké účinnosti a je možné ho zvukově modulovat. Výbojů správně vyladěného VTTC se můžeme, na rozdíl od SGTC, bez obav dotýkat. Maximální délka výboje správně vyladěného výkonného VTTC činí přibližně jeden metr. Jeho největší nevýhodou je náchylnost na poškození elektronky a konstrukční náročnost. Jedná se o velmi oblíbený, mezi kutili čím dál více populárnější, druh Teslova transformátoru.

Obrázek 5 *Výkonná elektronka GU-81M*

Poslední z trojice nejznámějších druhů, je tranzistorem buzený Teslův transformátor. Jedná se o konstrukčně nejnáročnější, ale zároveň i nejmodernější druh Teslova transformátoru. Podle typu i konfigurace tranzistorů v obvodu se dělí na několik variant. Nejvýkonnější varianta DRSSTC neboli "dual resonant solid state tesla coil" s použitými IGBT tranzistory může vyrábět výboje až do vzdálenosti několika metrů. Zatímco běžná varianta SSTC neboli "solid state tesla coil", tvořená jediným bipolárním tranzistorem, má maximální výboje jen několik centimetrů. Schéma zapojení je většinou velmi složité s velkým důrazem na přesnou funkci všech součástek. Největší výhodou tranzistorem buzených Teslových transformátorů je možnost velmi přesné modulace a velmi vysoká účinnost. Další výhodou oproti starším druhům SGTC a VTTC je nízké pracovní napětí primárního obvodu. Tranzistorem buzený Teslův transformátor je zřejmě nejlepšíma nejpopulárnějším druhem Teslova transformátoru. Má velké množství variant, od těch nejjednodušších pro začátečníky

(např. SSTC), až po ty nejsložitější pro profesionály (např. DRSSTC). Jedná se zároveň o skvělý příklad propojení nejmodernější technologie s více než sto let starým vynálezem.

Druhů Teslových transformátorů je nespočet. Ve své práci zmiňuji pouze nejznámější a nejpopulárnější druhy mezi kutili.

5. Využití Teslových transformátorů

Od vzniku Teslových transformátorů docházelo k jejich použití k různým účelům. Původní verze sloužily pouze k upoutání pozornosti veřejnosti. Postupem času však Teslu zaujalo rozsvěcování všech plynem plněných žárovek nebo zářivek v okolí jeho transformátoru a napadlo ho tento jev použít pro bezdrátový přenos energie na větší vzdálenosti. Tesla věnoval této myšlence většinu svého života. Přes veškeré jeho úsilí se mu tuto myšlenku nepodařilo realizovat v praxi. Přesto měly Teslou objevené a pojmenované jevy pro lidstvo velký význam.

Dalším příkladem využití Teslova transformátoru je ruský komplex poblíž města Istra asi 40 kilometrů od Moskvy, který vznikl v 70. letech minulého století. Pomocí soustavy Teslových transformátorů a Marxových generátorů zde byly prováděny testy odolnosti ruské vojenské techniky vůči velmi vysokému napětí. V dnešní době je již areál opuštěný.

Obrázek 6 *Část opuštěného komplexu*

Teslův transformátor se v současné době používá při testování elektrické odolnosti různých materiálů, jako detektor úniku vakuových systémů nebo k vědeckým a výukovým účelům. Jeho mohutné elektrické výboje dnes mimo jiné opět slouží k zaujetí publika při různých hudebních a světelných vystoupeních.

6. Můj Teslův transformátor

Když jsem asi před rokem Teslův transformátor poprvé viděl na internetových kutilských fórech, řekl jsem si, že něco takového prostě musím také jednou sestrojit. Mohutné

elektrické výboje, které zařízení vytváří, jsou prostě úchvatné. Vysoké napětí pro mě byla tehdy jedna velká neznámá. Musel jsem tedy začít úplně od začátku a některé věci řešit poměrně netradičním způsobem. Následující kapitoly pojednávají krok za krokem o stavbě mého vlastního Teslova transformátoru.

6.1. Návrh

Před zahájením prací na mém Teslově transformátoru jsem musel sehnat co nejvíce informací o různých možnostech provedení a konstrukce. Nejlepším zdrojem informací byl pro mě internet, hlavně stránky různých nadšenců a kutilů. Z nabytých znalostí jsem usoudil, že optimálním druhem Teslova transformátoru bude SGTC. Pro toto řešení jsem se rozhodl kvůli jeho jednoduchosti a efektivnosti. Při samotném návrhu jsem ale zjistil jednu zásadní komplikaci. Sehnat potřebné díly, které musí být odolné vůči vysokému napětí, bude velmi obtížné. Musel jsem tedy improvizovat a některé věci řešit netradičně.

Začal jsem návrhem vysokonapěťového zdroje. Vysokonapěťový zdroj má generovat napětí cca od 5kV do 20kV a měl by být zkratu vzdorný. Nejlepší řešení by byl tzv. NST, neboli transformátor pro neonové reklamy. Bohužel sehnat tento transformátor je velmi obtížné a hlavně drahé. Proto jsem jako VN zdroj navrhnul dostupnější MOT neboli transformátor z mikrovlnné trouby. Jedná se o velmi výkonný transformátor, který na výstupu dokáže při napětí 2100 V do zkratu dát až 700 mA. Při jeho použití je třeba omezit vstupní proud, jinak hrozí nenávratné poškození. MOT je zároveň poctivý kus železa, který váží téměř 7 kg a manipulace je tudíž velmi obtížná. Proto jsem se rozhodl na svůj Teslův transformátor použít pouze dva.

Obrázek 7 *Dva 700-wattové MOTy*

Důležitým krokem bylo také najít správné řešení pro skříň Teslova transformátoru. Materiál musí být pevný, elektricky nevodivý a odolný vůči vysokým teplotám. Původně jsem plánoval použití umělé hmoty, ale po zvážení všech okolností jsem se rozhodl pro dřevo. Navržená dřevěná skříň měla být kompaktní, ale zároveň vzhledově zajímavá.

Dále jsem se pustil do návrhu jiskřiště. Zvolil jsem variantu statického jiskřiště, které bude aktivně chlazeno. Potřeboval jsem najít vhodný materiál pro elektrody jiskřiště. Optimálním řešením se ukázala měď. V návrhu jsem tedy počítal s měděnými trubkami umístěnými nad tepelným izolantem aktivně chlazenými ventilátorem.

Ostatní komponenty neboli primární cívku, sekundární cívku, kondenzátor a toroid jsem si jednoduše dopočítal pomocí programu Java TC. Po zadání správných hodnot mi program pomocí složitých výpočtů automaticky vygeneroval potřebné parametry. Vyšlo mi tedy, že sekundární cívka bude mít přibližně 2000 závitů, primární cívka 10 závitů, kondenzátor kapacitu 80nF, toroid vnitřní průměr 8 cm a vnější 30 cm.

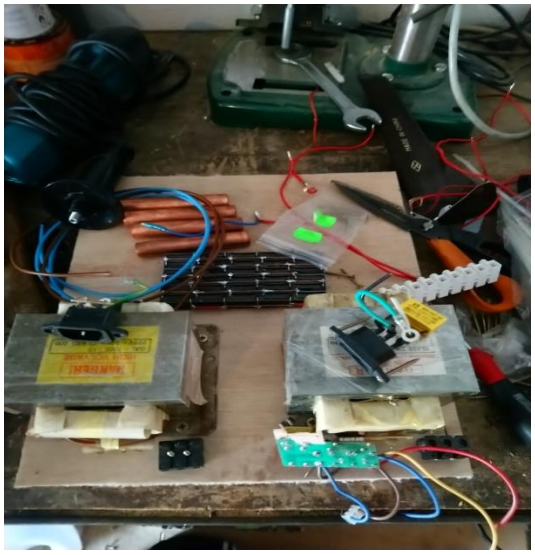
6.2. Příprava materiálu

Po dokončení návrhu Teslova transformátoru jsem začal usilovně shánět všechny potřebné díly a materiál na konstrukci projektu. Udělal jsem podrobný průzkum dostupnosti na internetu, rozdělil si jednotlivé položky a začal poptávat součásti.

Nejdříve jsem se soustředil hlavně na nejdůležitější součástky, a proto jsem jako první začal shánět transformátory - MOTy. Postupně jsem obcházel kontejnery na elektro odpad a hledal staré, vyřazené mikrovlnky, které by se daly použít. Bohužel většina z nich měla transformátory s příliš malým výkonem. Nakonec mi pomohla náhoda a kamarád mého dědy, který mi ideální MOTy věnoval.

Dalším důležitým úkolem bylo najít ideální skříňku pro Teslův transformátor. Hledal jsem spíše dřevěnou desku, ze které bych si skříňku mohl sám vytvořit. Po usilovném hledání se na mě usmálo štěstí doma. Maminčina bedýnka na cvičení se ukázala jako ideální řešení.

Potřeboval jsem také sehnat měděné trubky na výrobu jiskřiště. Bohužel se nejedná o zrovna levnou záležitost. Celá záležitost byla navíc komplikovaná nutností nákupu minimálního množství dvou metrů trubky, přestože jsem pro svůj projekt potřeboval pouze 40 cm. Opět jsem se však mohl spolehnout na pomoc mojí rodiny. Tentokrát to byl můj děda, který mi pomohl na míru nařezané trubky zajistit.



Obrázek 8 *Všechny potřebné komponenty*

Ventilátor na chlazení jiskřiště jsem získal z mikrovlnné trouby, jako tepelný izolant jiskřiště jsem použil keramickou obkladačku.

Celkem drahá záležitost byl kondenzátor. Chtěl jsem totiž použít na svůj Teslův transformátor tzv. MMC neboli kondenzátor složený z mnoha menších kondenzátorů. Na potřebnou kapacitu a napěťovou pevnost výsledného MMC bylo potřeba celkem 45 fóliových kondenzátorů.

Ostatní komponenty, například elektroinstalační materiál, šroubky, stahovací pásky, lak na cívku nebo hliníkovou pásku, už nebylo složité dokoupit. Stejně tak se mi nakonec podařilo sehnat i ohebnou trubku na toroid, silný koaxiální kabel na primární cívku a 30 centimetrů dlouhou plastovou trubku na kostru sekundární cívky.

Největším problémem se však ukázalo sehnání přibližně 2kilometrů velmi tenkého měděného drátu na sekundární cívku. Vůbec jsem netušil, kde by bylo možné tak dlouhý drát vcelku pořídit. Na internetu jsem potřebnou délku drátu za rozumné peníze nenašel, v obchodech pro kutily také ne. Rozhodl jsem se tedy potřebnou délku drátu získat ze starých transformátorů. Po měsíci usilovné práce se mi podařilo pořídit asi kilometr drátu. Problémem bylo, že dráty neměly stejný průřez, takže se pro můj projekt příliš nehodily. Snažil jsem se tedy vymyslet jiné řešení. Ve chvíli, kdy už jsem chtěl celý projekt vzdát, se na mě štěstí opět usmálo. Kamarád mého dědy byl mým projektem tak nadšený, že mi věnoval velkou cívku s měděným drátem o průřezu 0,17mm.

Vše potřebné pro vytvoření Teslova transformátoru jsem už tedy měl k dispozici a mohl se směle pustit do jeho konstrukce.

6.3. Konstrukce

Při konstrukci Teslova transformátoru jsem nepostupoval přesně podle předem daného návrhu nebo plánu, ale podle mé vlastní vize. V návrhu jsem se totiž nepouštěl do detailního kreslení složitých schémat, která by mi při konstrukci mohla komplikovat situaci.

Konstrukci jsem zahájil prací na skříňce. Rozměry původní bedýnky byly příliš velké. Proto jsem musel původní bedýnku rozložit na jednotlivé díly, tyto následně nařezat na potřebné rozměry a znovu sešroubovat dohromady. Celé dno nově vzniklé skříňky jsem vystlal linoleem, aby nedocházelo k úniku proudu mimo transformátor

Po dokončení skříňky bylo třeba připevnit MOTy. Při této práci jsem samozřejmě musel počítat s dostatkem místa pro ostatní komponenty. MOTy jsem k desce připevnil obyčejnými vruty s délkou odpovídající síle materiálu skříňky, abych se vyhnul případnému průniku vrutů skrz skříňku. Zároveň jsem začal pracovat na MMC. Elektroizolační páskou jsem všech 30 kondenzátorů spojil k sobě a poté jsem je ve správném pořadí spájel. Jejich funkčnost jsem otestoval zátěžovou zkoušku a hotové MMC jsem do skříňky přilepil silným lepidlem.

Obrázek 10 *Pracovní pořádek*

Další výzvou pro mě bylo řešení tlumení a ochrany MOTů. Pro tyto účely jsem použil dvě tlumivky ze zářivek, které jsou poměrně výkonné, a hlavně svými rozměry ideální pro

umístění do mé skříňky. Při šroubování tlumivek bohužel došlo k poškození hlavní základny skříňky, takže jsem ji musel vyměnit za novou, zhotovenou ze silnějšího a odolnějšího dřeva.

Po instalaci tlumivek bylo třeba dořešit chlazení jiskřiště. Do dřevěné stěny skříňky jsem vyvrtal chladící otvory a na takto upravenou stěnu jsem připevnil silný ventilátor z mikrovlnné trouby.

Pro uchycení jističe, euro konektoru a spínače bylo třeba do další boční stěny skříňky vyřezat otvory, které odpovídají rozměrům součástek. Byla to složitá práce, kterou jsem musel dělat velmi opatrně s velkým důrazem na přesnost provedení. Všechny součásti se mi nakonec podařilo do boční stěny nasadit a vyřešit i jejich uchycení pomocí speciálně zhotovené kovové nástavby.

Dalším krokem bylo zapojení všech součástí a vytvoření elektroinstalace. Zvolil jsem standardní drát o průřezu 2,5mm^2. Pro elektroinstalaci jsem použil větší množství stahovacích pásků a elektrikářských čokolád. Zároveň jsem k MOTům připojil přídavné tlumící obvody a tlumivky. Celé zapojení jsem následně vyzkoušel a opravil menší nedostatky.

Po zdárném otestování elektroinstalace jsem se mohl pustit do realizace jiskřiště. Keramickou obkladačku jsem si rozřezal na potřebnou velikost, vyfrézoval jsem do ní drážky a vyvrtal díry speciálním vrtákem. S velmi přesným vrtáním měděných trubek mi pomohl kamarád, který má stojanovou vrtačku a takto přesné vrtání pro něj nebyl problém. Do vyvrtaných trubek jsem potom nainstaloval šrouby, trubky jsem jimi upevnil do drážek a následně i do hlavní desky skříňky.

Velkým oříškem se ukázalo zhotovení sekundární cívky. Koupenou plastovou trubku jsem si zkrátil na potřebnou velikost a začal řešit navíjení drátu, což se ukázalo jako velký problém. Vinutí cívky jsem byl nakonec nucen vyřešit vyrobením speciálního zařízení, které mi práci velmi usnadnilo. Po předchozích marných pokusech mi nově narychlo zhotovené zařízení umožnilo navinout cívku do dvou hodin. Poté už stačilo připevnit sekundární cívku k horní desce skříňky pomocí předem připraveného vysoustruženého speciálního dílu a cívku nalakovat.

Velmi náročná byla i konstrukce primární cívky, a hlavně speciálních držáků, které budou držet všech deset závitů po hromadě. Tím, že jsem se rozhodl sestrojit primární cívku kónického tvaru, bylo třeba dodržet určitý úhel naklonění cívky. Držáky jsem zhotovil ze zbylých odřezků z bedýnky. Označil jsem si všechny potřebné rozměry, nařezal díly a vyvrtal čtyřicet děr pro vedení drátu. Následně jsem všechny čtyři držáky připevnil k horní desce

skříňky pomocí vrutů. Nad držáky jsem tlustším drátem udělal ochranný závit, do kterého potom budou létat výboje. Nejsložitější bylo provlékání 8 mm tlustého koaxiálního kabelu přes držáky. Tato práce mi zabrala více než 4 hodiny.

Poslední důležitou součástí mojí konstrukce byl toroid. Toroid jsem zhotovil z hliníkové ohebné trubky, kterou jsem ještě několikrát obalil hliníkovou páskou. Následně jsem ho pomocí nástavby ze speciálně upravené plastové trubky připevnil k sekundární cívce.

7. Závěr

Když jsem Teslův transformátor viděl poprvé, doslova mě uchvátil. Jeho sestrojení se tak pro mě stalo novým cílem. Podařilo se mi najít řešení, které se zdálo být realizovatelné. Naštěstí jsem v té době vůbec netušil, o jak obtížný úkol se jedná. Stavba Teslova transformátoru i závěrečná práce mi daly opravdu hodně nových zkušeností. Nešlo pouze o zdokonalování samotného Teslova transformátoru, ale z mého projektu se stala i velká zkouška trpělivosti a strojírenských dovedností. Zároveň jsem poznal hodně nových lidí, kteří mi se stavbou pomáhali nebo mi poradili řešení, pokud jsem nevěděl jak dál. Neúspěchů bylo sice hodně, ale z každého jsem se poučil a tím se posouval vpřed. Díky tomu, se mi nakonec podařilo projekt zdárně dokončit.

8. Zdroje

Internetové:

TEJIŠČÁK, Jakub. *vn-experimenty* [online]. [cit. 24.3.2019]. Dostupný na WWW: http://www.vn-experimenty.eu/index.php?stranka=sgtc_1

TEJIŠČÁK, Jakub. *vn-experimenty* [online]. [cit. 24.3.2019]. Dostupný na WWW: http://www.vn-experimenty.eu/index.php?stranka=sgtc_4

TEJIŠČÁK, Jakub. *vn-experimenty* [online]. [cit. 24.3.2019]. Dostupný na WWW: http://www.vn-experimenty.eu/index.php?stranka=teoria_tc

TEJIŠČÁK, Jakub. *vn-experimenty* [online]. [cit. 24.3.2019]. Dostupný na WWW: http://www.vn-experimenty.eu/index.php?stranka=teoria_sgtc

DANYK. *danyk* [online]. [cit. 24.3.2019]. Dostupný na WWW: http://danyk.cz/tesla_k.html

DANYK. *danyk* [online]. [cit. 24.3.2019]. Dostupný na WWW: http://danyk.cz/tesla5.html

DANYK. *danyk* [online]. [cit. 24.3.2019]. Dostupný na WWW: http://danyk.cz/mmc.html

MARTIN JIRÁNEK A DAVID NOVOTNÝ, Jerry A Dave. *elektrolab* [online]. [cit. 24.3.2019]. Dostupný na WWW: http://elektrolab.wz.cz/?vn=sgtcv

MARTIN JIRÁNEK A DAVID NOVOTNÝ, Jerry A Dave. *elektrolab* [online]. [cit. 24.3.2019]. Dostupný na WWW: http://elektrolab.wz.cz/?vn=sgtc_2

RAYER. *rayer* [online]. [cit. 24.3.2019]. Dostupný na WWW: http://rayer.g6.cz/teslatr/teslatr.htm

FIGALLA, Silvestr. *pokusy.chytrak* [online]. [cit. 25.3.2019]. Dostupný na WWW: http://pokusy.chytrak.cz/pokusy/teslasuper.htm

FIGALLA, Silvestr. *pokusy.chytrak* [online]. [cit. 25.3.2019]. Dostupný na WWW: http://pokusy.chytrak.cz/pokusy/indexteslak2.htm

Knižní:

WISE, Tad. *Tesla*. Frýdek-Místek: Alpress, 1997, ISBN 80-85975-74-2.

Zdroje Obrázků:

Obrázek 1 CENTURY MAGAZINE. *commons.wikimedia* [online]. [cit. 11.4.2019]. Dostupný na WWW: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/cc/Tesla_colorado.jpg

Obrázek 2 OMEGATRON. *commons.wikimedia* [online]. [cit. 11.4.2019]. Dostupný na WWW: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/24/Tesla_coil_4.svg

Obrázek 3 DANYK. *danyk.cz* [online]. [cit. 11.4.2019]. Dostupný na WWW: http://danyk.cz/tesla_kp.gif

Obrázek 4 Můj vlastní

Obrázek 5 TEJIŠČÁK, Jakub. *vn-experimenty* [online]. [cit. 11.4.2019]. Dostupný na WWW: http://www.vn-experimenty.eu/vttc_10/vttc05_b.jpg

Obrázek 6 TDHSTER. *siamagazin* [online]. [cit. 11.4.2019]. Dostupný na WWW: https://siamagazin.com/wp-content/uploads/2017/12/egewg-min-1.jpg

Obrázek 7 Můj vlastní

Obrázek 8 Můj vlastní

Obrázek 9 Můj vlastní

Obrázek 10 Můj vlastní