



Středoškolská technika 2025

Setkání a prezentace prací středoškolských studentů na ČVUT

MODEL TOKAMAKU

Miroslav ČAPEK

Žďár nad Sázavou
Studentská 1, Žďár nad Sázavou

Představte si, že byste jsi mohl vytvořit malou hvězdu přímo na Zemi. Zní to jako nemožné, ale díky modelu Tokamaku se můžete přiblížit tomuto snu. Tokamak je zařízení, které vědci používají k výzkumu jaderné fúze – procesu, při kterém se atomy spojují a uvolňují obrovské množství energie, podobně jako ve Slunci. V tomto článku vám představím a ukáži, jak jsem vytvořil model Tokamaku a jak funguje tento neuvěřitelný stroj.

Model je tvořen z několika částí:

Podstavec

Samotný model tokamaku

Elektronika

Ochranný kryt



Podstavec:

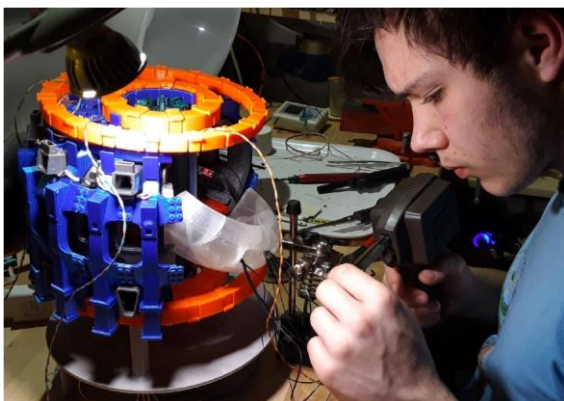
podstavec je vyroben z překližky a plastových nosných rohů také vytisknutých.

Překližku jsem nejdříve nařezal na cirkulárce do požadovaného tvaru a poté obrousil smirkovým papírem. V podstavci je také ukryta veškerá elektronika. A to projektor, desky plošných spojů, zesilovač reproduktory a měniče na napájení.

Elektronika:

v modelu je zabudována elektronika která znázorňuje proudění

elektriny v udržovacích cívkách a také proudění plazmy v komoře. Jsou to navrtané zapuštěné a lepidlem přidělané bílé 3 mm led diody. Na toroid pro znázornění plazmy jsem použil červené led diody. Znázornění proudění je vyřešeno za pomoci

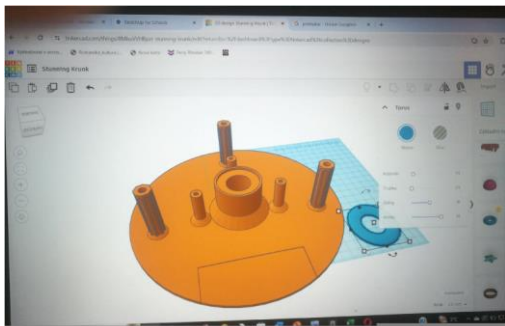


běžící led diody, jedná se o jednoduchý obvod s 555 cmos. Další okruhy jsou tvořeny led diodami zapojenými paralelně a napájeny přes měnič napětí. Dále je zde ozvučení v podobě zesilovače 2 x 15 W ve třídě D. Reprodukory jsou z rozbitého JBL reproduktoru a staré televize. V podstavci je také projektor, ten je zde připevněn na pevně a ovládá se za pomoci tlačítek vyvedených z těla projektoru.

Projektor lze ale také ovládat přes Dálkové IR ovládání, jehož dioda je umístěna na vrcholu modelu. Všechny světelné okruhy se zapínají přes popsané vypínače umístěné vpředu modelu. Celý model je napájený přes síťový zdroj 12 V a 3,5 A.

Samotný model:

Celý model je vytisknutý na 3D tiskárně. Základ modelu jsem převzal z Printables, ale hodně jsem ho upravil, jelikož v něm bylo hodně chyb. každá část je tištěná z jiné barvy aby se snadněji rozlišily jednotlivé části tokamaku. Většina součástí je vytisknuta na tiskárně Prusa MK3s+ některé jsou ale tisknuty a Bambulab P1S z materiálu PLA a PETG.



Podstavec je ze zeleného plastu, kostra tokamaku z modrého, udržovací cívky z oranžového, komora z stříbrného, vnitřní sloup ze zeleného a toroid z průhledného plastu.

Ochranný kryt:

Kryt celého tokamaku je z pozinkovaného železa, které je svařené tak aby spolu s podstavcem tvořily kvádr. Stěny krytu jsou z plexiskla a horní drážka je ze starého grilu. Celá konstrukce je zapuštěna do plastových rohů podstavce. Poklop je připevněn svorkami za dřevo podstavce.

Model se dá využít hodně způsoby jako učební pomůcka do škol, kde na něm může učitel názorně ukázat co to je a jak funguje tokamak. Učitel může přímo ukázat na jednotlivé části a poté může pustit video z projektoru o Tokamaku.

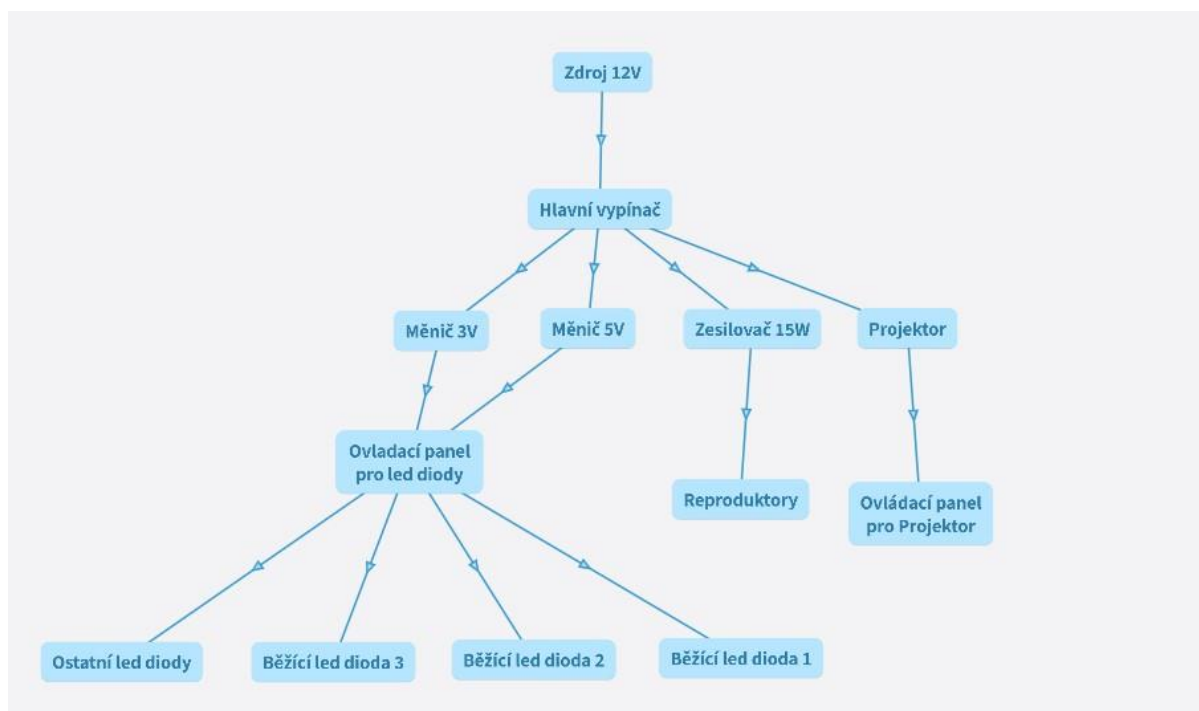
A teď něco k principu fungování samotného tokamaku v reálné velikosti:

Tokamak funguje na principu řízené Termojaderné reakce-stejně jaká probíhá v našem a ostatních sluncích. Atomy deuteria nebo tritia se uchopí a stlačí takovou silou až se spojí. Vzniká helium a energie. Tepelná energie se používá na ohřev vody na páru a ta v generátoru vytváří elektřinu.

S provedením této fúze je, ale spojeno několik problémů, které ještě nikdo zatím nevyřešil. Například jeden z problémů je, jak udržet horké plazma v komoře. Plazmu nelze uzavřít do žádné nádoby kvůli její teplotě. Udržuje se proto stlačena v elektromagnetickém poli které generují supravodivé cívky, ty také plazmu za pomoci mikrovlnného záření ohřívají a dodávají mu energii pro provedení fúze. Dalším problémem je také to, že fúze jako takovou, provedli lidé jen v rámci maximálně sekund. A to za obrovských energetických ztrát. Poslední dobou je ale podařilo na některých tokamacích vytvořit takovou fúzi, že už tam byl i energetický zisk. Ale na skutečný a spolehlivý zdroj energie z jaderné fúze si budeme muset ještě asi počkat.



Blokové schéma:



Seznam komponent:

Komponenta	Typ	Zdroj
Zdroj 12 V	FSP060-DHAN3	https://www.soselectronic.com/cz/products/fsp/fsp060-dhan3-9na0608078-353815
Měníč 3 V	Napájecí modul s LM317	https://hadex.cz/m412-napajeci-modul-stabilizovany-zdroj-s-lm317/
Měníč 5 V	7805	https://hadex.cz/e618-7805--stabilizator-5v15a-to220-4-2vdropout-1-150c/
Zesilovač 15 W	XH-A232	https://hadex.cz/m427b-zesilovac-2x15w-d-class-modul-s-tpa3110-xh-a232/
Projektor	Vamvo YG300	https://projektory.heureka.cz/vamvo-yg300-pro/#prehled/
Běžící led dioda 1,2,3	NE555+CD4017	https://www.hadex.cz/m480-bezici-svetlo-stavebnice-s-ne555cd4017/
Diody	J982D	https://hadex.cz/j982d-led-3mm-bila-cira-baleni-100ks/