

Fúzor

R. Dudek*, J. Uličný**

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

*dudek@email.cz, **ulicny@gmx.com

Abstrakt

Příspěvek se zabývá principem a konstrukcí fúzního reaktoru Farnsworthova typu. Část práce se zabývá i výrobou vlastního prototypu fúzoru.

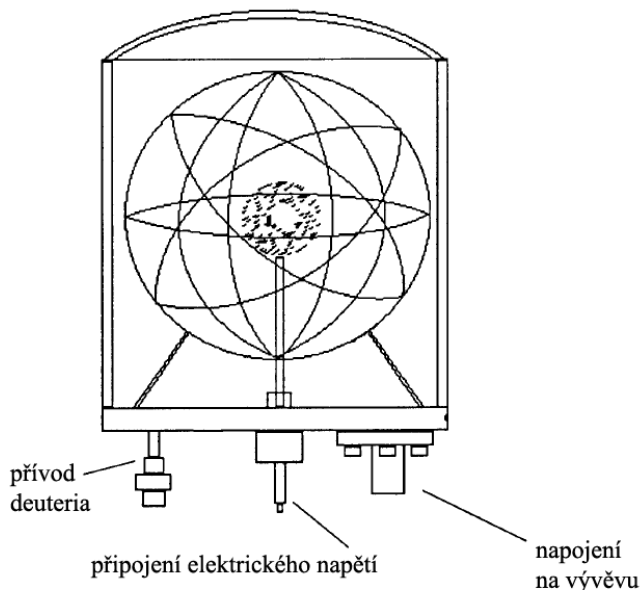
1 Úvod

Termojaderných fúzních reakcí lze dosáhnout v několika typech zařízení. Fúzory představují oproti tokamakům, či laserovým systémům méně známou variantu.

Fúzor vynalezl v 50. letech 20. století americký vědec Philo T. Farnsworth, který se zapsal do širšího podvědomí jako vynálezce televize. Všiml si zajímavého jevu, kdy za nízkých tlaků a vysokého napětí dochází k srážkám nabitých částic. Tento jev byl znám i dříve, ale byl považován za nežádoucí, teprve Farnsworth odhalil jeho potenciál. Za použití sférických diod vytvořil první fúzor.

2 Konstrukce

Nejdůležitější součástí fúzoru jsou dvě sférické elektrody, které jsou umístěny ve vakuové komoře. Na elektrody je napojen zdroj stejnosměrného vysokého napětí. Pro dosažení fúzních reakcí je nutno naplnit komoru deuteriem a na vnitřní elektrodu přivést záporný náboj.



Obr. 1 Schéma fúzoru

3 Princip fungování

Přivedením dostatečně vysokého napětí na elektrody dojde k ionizaci plynu uvnitř nádoby. Díky sníženému tlaku plynu mají ionty dostatečně dlouhou střední volnou dráhu nato, aby dosáhly elektrod a nerekombovaly. Při použití deuteria jsou kationty, tedy jádra tvořená jedním protonem a neutronem, přitahovány ke vnitřní elektrodě. Velká část z nich do elektrody narazí, ale mnoho jich také proletí dovnitř. Vzhledem k tomu, že objem vnitřní elektrody je mnohem menší než objem celého zařízení, dosáhneme v ní vyšší hustoty jader deuteria s dostatečně velkou energií k tomu, aby se spojila. V případě použití vzduchu v nádobě k fúzi pochopitelně nedochází, ale lze tohoto zařízení použít pro demonstraci fungování. Nezanedbatelná jsou také bezpečnostní rizika při běžící fúzní reakci, jedná se především o rychlé neutrony a intenzivní rentgenové záření.

5 Technické nároky

Provozování fúzní reakce klade oproti tzv. demo fúzoru, tedy zviditelnění plazmatu ve vnitřní elektrodě za použití vzduchu, mnohem větší technické nároky. Kromě již zmíněného použití deuteria je nutné dosáhnout tlaku pod 3 Pa, zatímco pro ukázkovou verzi stačí asi 50 Pa, což není problém dosáhnout s běžnou rotační vývěvou. Také zdroj napětí musí být výkonnější a dosahovat alespoň 10 kV, oproti tomu na demo fúzor je potřeba přivést napětí 500 V.

6 Využití a výzkum

V současné době je jedním z hlavních cílů výzkumu termojaderné fúze výroba elektrické energie. Fúzní reakce by měly poskytnout nevyčerpatelné množství čisté energie a odvrátit tak možnou energetickou krizi, která vznikne po spotřebování fosilních paliv. Může se zdát, že fúzor představuje levnější a jednodušší alternativu k výrobě této energie. Bohužel fúzor klasické konstrukce není schopen vyprodukovat více energie, než sám spotřebuje. A tak zatím jediným využitím zůstává produkce rychlých neutronů.

Nejvíce se o vývoj fúzoru přičinil sám jeho duchovní otec. Společně se svým týmem Farnsworth prováděl experimenty od 50. let až do poloviny 60. let, kdy mu byl zastaven vládní grant, z důvodu nejasného vojenského využití. Tím se na dlouhá desetiletí výzkum fúzoru odmlčel. Až v 90. letech minulého století založil na University of Wisconsin profesor Bussard, bývalý Farnsworthův kolega, vědeckou skupinu zabývající se výzkumem fúzoru. V současné době přináší tento projekt nejlepší výsledky na světě. Vývojem se zabývá i americké námořnictvo, ale k tomuto výzkumu nejsou známy žádné relevantní informace. Nelze opomenout ani stovky amatérů z celého světa, kteří doufají, že se jim podaří vyrobit nevyčerpatelný zdroj energie.

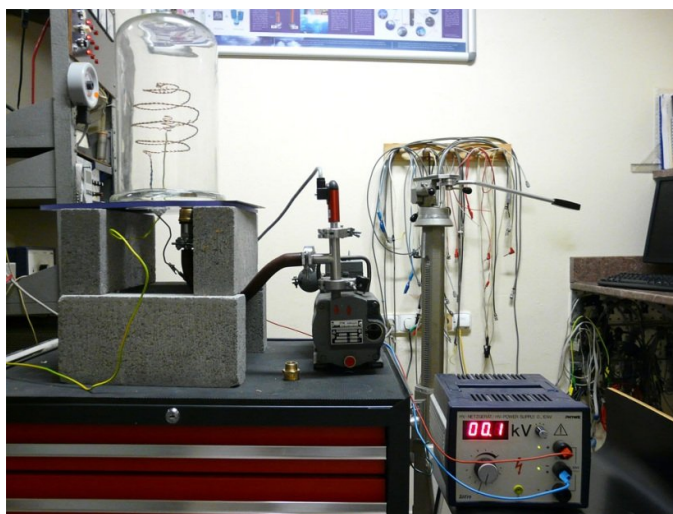
7 Experiment

V rámci našeho projektu jsme sestrojili tzv. demo fúzor. Elektrody jsme vytvořili z běžného měděného drátu o průřezu 3 mm. Náročnějším úkolem bylo zavést vysoké napětí vzduchotěsně do vakuové komory. Za tímto účelem jsme požili polykarbonátovou desku s na míru vyřezanými prostupy, které jsme poté utěsnili silikonem. Z laboratoří fyzikálních praktik jsme si vypůjčili skleněný zvon a rotační vývěvu. Nejprve jsme zařízení napojili na výkonný zdroj schopný poskytnout až 0,5 A při napětí 1 kV. Docházelo však k proražení dielektrické pevnosti vzduchu, tedy mezi elektrodami vznikaly jiskrové výboje. Jako vhodnější varianta se ukázalo použití slabšího zdroje, za jehož použití k průrazům nedocházelo. V této konfiguraci

se nám podařilo dosáhnout nejlepších výsledků. Ve vnitřní elektrodě se vytvořila zřetelná koule plazmatu, ze které vycházel tzv. bugle jet, trubkovitý výtrysk kladných iontů z vnitřní elektrody.



Obr. 2 Plazma ve vnitřní elektrodě s viditelným bugle jetem (16 Pa, 400 V)



Obr. 3 Celkový pohled na aparaturu

8 Závěr

Desítky amatérů po celém světě podleli kouzlu fúzoru a snaží se zdokonalit jeho konstrukci ve svých dílnách a garážích. Ačkoliv fúzor nejspíše neposkytne energii pro budoucí generace, je to zajisté zajímavé zařízení umožňující dosáhnout fúzních reakcí takřka v domácích podmínkách.

9 Poděkování

Rádi bychom poděkovali panu ing. Vojtěch Svobodovi za zapůjčení pomůcek nezbytných pro experiment a také firmě OK Design s.r.o. za výrobu polykarbonátové desky.

Reference

- [1] T. Ligon, Fusortip, <http://fusor.net/newbie/files/FUSORTIP.DOC>
- [2] T. Ligon, Theworld'ssimplestfusionreactor and how to make itwork, <http://www.fusor.net/newbie/files/Ligon-QED-IE.pdf>
- [3] T. Ligon, Theworld'ssimplestfusionreactorrevisitedorthenot-quite-so-simplefusionreactor, and howthey made itwork, http://www.fusor.net/files/EMC2_FusionToPost.pdf
- [4] R. Hull, TheHistoryoftheAmateurFusorEffort, http://www.fusor.net/board/index.php?bn=fusor_historynews&action=view&key=1206562076
- [5] D. Neisius, http://www.diane-neisius.de/fusor/index_E.html#fus
- [6] R. Hull, TheFarnsworth/Hirsch Fusor, <http://www.belljar.net/634fusor.pdf>