Základní údaje

Soutěžní obor: **P3913 - Aplikace přírodních věd** Kategorie: **2T**

Navrhovatel: **Břeň David RNDr. Ph.D.** Pracoviště: **FJFI - 14102**

Název česky: **Studium magnetického udržení plazmatu v tokamaku**

Název anglicky: **Study of magnetic confinement in tokamak**

Anotace česky:

Projekt věnovaný výzkumu problematiky magnetického udržení plazmatu na tokamaku FJFI GOLEM s ohledem na studium stability plazmatického svazku v tomto zařízení.

Anotace anglicky:

Research project devoted to the problems of magnetic confinement in tokamak FNSPE Golem with a regard to the study of the stability of plasma volume in this device.

Finance

Finanční prostředky v tis. Kč	2013	2014	2015	celkem
Neinvestiční náklady (NEI)	255	255	0	510
Investiční náklady (INV)	0	0	0	0
Celkové náklady	255	255	0	510

Zdůvodnění přihlášky

1 - Vědecká závažnost a aktuálnost:

V současné době se jeví, že magnetické udržení plazmatu je jednou z velmi mála cest, jak v budoucnu dospět k uskutečnění fúzní reakce. Udržení fúzní reakce je stále otevřené aktuální téma, jehož vyřešení povede k získání levných a relativně nezávadných energetických zdrojů.

2 - Současný stav řešeného problému:

Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská patří k jedněm z velmi mála vzdělávacím institucím na celém světě, které disponují vlastním tokamakem, zařízením umožňující magnetické udržení plazmatu. Tokamak GOLEM, umístěný původně na Ústavu fyziky plazmatu byl před pěti lety přestěhován na FJFI. Zařízení je v provozu a produkuje plazma. V současné době se práce na tokamaku zaměřuje na nezbytnou statickou a zpětnovazební stabilizaci polohy plazmatu v komoře tokamaku, která by měla pomoci řádově zlepšit parametry plazmatických výbojů. Tento úkol je sám o sobě velmi náročný a zahrnuje v celkovém řešení mnoho teoretické, experimentální a technologické práce. KF podpořila projekt zakoupením systému řízení v reálném čase, které vyhodnocuje aktuálni polohu plazmatu a v reálném čase umožňuje řídit silové napájení cívek pro horizontální stabilizaci polohy plazmatu.

3 - Původnost navrhovaného řešení:

Tokamak GOLEM je kompletně inovován a veškeré technologické práce na něm nyní odrážejí současné možnosti technologií a svým způsobem představují originální přístup k řešení problematiky zpětnovazebního řízení polohy na tomto tokamaku.
Studenti zaměření Fyzika a technika termojaderné fúze na FJFI mají jedinečnou možnost studia problematiky magnetického udržení plazmatu, při které navíc mohou měnit parametry fakultního tokamaku GOLEM mnohem flexibilněji než na ostatních "velkých" tokamacích. Na tomto zařízení je možné realizovat měření na dálku přes internet doslova z celého světa a naši studenti, kteří s měřeními pomáhají se tak pravidelně takřka denně setkávají s nápady a způsoby řešení, se kterými by se seznámili na mezinárodních konferencích.

4 - Koncepce, způsob a metodika řešení:

Studenti přispívají k zprovoznění diagnostických metod vedoucích k identifikaci časového vývoje polohy plazmatu prostřednictvím magnetických diagnostik a dále z vyzařovacích charakteristik v oblasti spektra viditelného, ultrafialového a měkkých rentgenů . Na základě vyhodnocení budou připravovat technologie a ladit algoritmy jednak k pasivní a jednak zpětnovazebné stabilizaci polohy plazmatu v ose komory tokamaku, což by mělo vést k řádovému zlepšení parametrů plazmatických výbojů na tokamaku GOLEM.

5 - Cíle řešení projektu:

Hlavním faktorem, který může ohrozit přední postavení EU ve výzkumu fúze, se stává nedostatek kvalifikovaného personálu jak ve výzkumu, tak i ve špičkovém průmyslu. Situace z hlediska národní účasti České republiky je obdobná. Na tuto situaci reaguje FJFI ČVUT specializovaným zaměřením Fyzika a technika termojaderné fúze. Uvedením tokamaku do provozu se tak fakulta stala jedinečným světovým pedagogickým pracovištěm, kde studenti tohoto oboru mají možnost okamžitě ověřit své teoretické poznatky na vlastním experimentálním zařízení a po ukončení studia se tak stát členy týmu s již vlastními osobními zkušenostmi. Hlavními cíli projektu nyní jsou:
* Zlepšení řízení rovnováhy a určení polohy plazmatu z magnetických diagnostik, tj. zpětnovazební řízení polohy.
* Zprovoznění bolometrické diagnostiky na tokamaku GOLEM, která umožní stanovit podíl příkonu a radiačních ztrát plazmatu a určovat s pomocí tomografické rekontrukce polohu sloupce plazmatu vůči komoře.
* Měření parametrů plazmatu na tokamaku GOLEM pomocí elektrických sond
* Studium magnetohydrodynamických dějů na tokamaku GOLEM
* Pilotní aplikace vysokoteplotních supravodičů v reálném provozu na tokamaku GOLEM
* Mikrovlnná předionizace plazmatu a mikrovlnný ohřev plazmatu na tokamaku GOLEM pomocí magnetronu.

6 - Předpokládané výstupy řešení:

Po vyřešení stabilizace plazmatických výbojů na tokamaku GOLEM očekáváme řádové zlepšení charakteristiky výbojů, především co se týče elektronové teploty a proudu plazmatu.

7 - Předpokládaná prezentace výsledků:

Studenti budou své výsledky pravidelně prezentovat v odborných publikacích, na mezinárodních konferencích, workshopech a školách fyziky plazmatu.

8 - Charakteristika týmu:

Tým sestává ze dvou akademických pracovníků a studentů v magisterském a v budoucnu doktorském studijním programu. Většina studentů týmu pracuje na výzkumném úkolu a je téměř jisté, že ještě před

koncem studia zašlou článek k publikaci. Předpokládáme, že v budoucnu se tým rozšíří o Bořka Leitla, Quispe Silese Mildera a Terezu Růžičkovou, kteří v následujících dvou letech končí bakalářské studium.

9 - Upřesnění cílů pro druhý rok řešení:

Tým se bude i nadále prioritně věnovat problematice co největší stabilizace plazmatických výbojů v tokamaku.

Střed prstence plazmatu má během výboje tendenci k vychylování z centra
komory tokamaku. Pro dosažení rovnovážné polohy prstence je nezbytně nutné korigovat tento střed do centra tokamaku pomocí dodatečného vertikálního a horizontálního magnetického pole, generovaného v závislosti na aktuální poloze plazmatu měřené např. na Mirnovových cívkách.
Je třeba dotvořit celé technologické řešení tohoto systému s následujícími úkoly:
i) zkompletovat řízení polohy plazmatu o komplementární horizontální směr,
ii) HW a SW vyřešit řízení polohy ve dvou módech - pasivním (předem
zadaném) a aktivním (v reálném čase počítaném)
iii) otestovat oba výše zmíněné módy řízení polohy plazmatu pro vybrané režimy plazmatického výboje s důrazem na všechny možné kombinace orientace toroidálního
elektrického a magnetického pole
iv) integrovat řízení polohy do stávajícího řídícího systému tokamaku
GOLEM
v) integrovat řízení polohy do vzdělávacího projektu tokamaku GOLEM
vi) v rámci možností otestovat použití vysokoteplotních supravodičů
pro systém vertikální stabilizace polohy plazmatu.

Nestability a vlny v plazmatu jsou pro toto prostředí typické a proto půjde vždy pouze o zlepšení a nikoliv o konečné vyřešení a odstranění nestabilit. Za tímto účelem bude třeba tokamak doplnit o další diagnostické přístroje pro měření profilu a ostatních vlastností plazmatického výboje. Tento "hardware" bude muset být provázán s co nejrychlejší diagnostikou a zpětnovazební kontrolou.

V tomto roce očekáváme vzrůst počtu členů týmu o nové bakaláře Borka Leitla, který se na tokamaku GOLEM zabývá převážně bolometrií.
Dále pak očekáváme příchod Jakuba Veverky, který již nyní spolupracuje s Bc Jánem Uličným na optimalizaci počátečních fází výboje. Měřením poloidálních toků plazmatu pomocí prstence Machových sond se nyní zabývá budoucí Bc. Richard Duban.

Vše by podle očekávání mělo vést k dalšímu zlepšení parametrů výboje, jako jsou teplota a proud a hlavně udržení polohy plazmatického výboje.

Vyjádření školitele

Školitel (je-li navrhovatel studentem):

Slovní vyjádření:

Vyjádření vedoucího pracoviště

Vedoucí pracoviště: **prof. Ing. Igor Jex, DrSc.**

- Soulad řešeného projektu s celkovou koncepcí a zaměřením pracoviště: **ano**
- Zajištění podmínek pro řešení projektu na pracovišti: **v plném rozsahu**
- Vyjádření k řešitelskému týmu: **schopen projekt úspěšně řešit**

Případné slovní vyjádření:

Doporučuji projekt plně podporovat.

Vyjádření děkana (ředitele ústavu)

Děkan (ředitel ústavu): **doc. Ing. Miroslav Čech, CSc.**

- Soulad projektu se záměry fakulty - součásti: **ano**
- Finanční podpora projektu: **ano (v plném rozsahu, projekt podpořit)**

Případné slovní vyjádření:

Plně souhlasím s vyjádřením vedoucího pracoviště.Projekt doporučuji.