

Oponentský posudek disertační práce
Mgr. Filipa Jankyho
”Návrh a implementácia systému kontroly plazmy pre
tokamak COMPASS”

Oponent: Ing. Vojtěch Svoboda, CSc.

Kvalitní zvládnutí technologie zpětnovazební kontroly polohy a geometrie plazmatu v reálném čase patří k základním pilířům ovládnutí termojaderné fúze v tokamacích, bez které se neobejde žádný tokamak. Autor se zhostil poměrně gigantického úkolu vybrat, navrhnout, zrealizovat a odzkoušet základní části takového systému na nově instalovaném tokamaku COMPASS v Praze. Předkládaná práce je velmi rozsáhlá, oproti původnímu záměru zvládnutí řízení polohy plazmatického prstence ve vertikálním směru byla rozšířena o vývoj, testování a dokumentování technologií věnovaných stabilizaci prstence v horizontálním směru, řízení proudu plazmatem, ovládnutí geometrie a elektronové hustoty plazmatu.

K práci mám několik formálních poznámek a upozornění na chyby ¹:

- Autor používá velké množství zkratk², což ztěžuje orientaci v problematice. Rozumím tomu, že použití zkratk mohl být naopak pokus o zpřehlednění textu, ale rád bych vyzval autora, aby dál hledal možnosti, jak se svým budoucím čtenářům přiblížit přijatelnější formou, než tomu je v některých pasážích této práce.
- Přehlednosti a srozumitelnosti práce by velmi prospělo použití *klasických* vývojových diagramů, které by pomohly tyto sofistikované technologické procesy plné vstupů, výstupů, podmínek, cyklů, limitů, rozhodovacích procesů atp. touto intuitivní formou zpřístupnit. Např. oddílům 2.3 a 5.4.3 by to velmi pomohlo k zpřehlednění popisů velmi komplexních dějů.
- Zvážil bych použití přímých spojníc experimentálních dat, jako je tomu třeba u obr. 5.21, kde především v oblasti 1200 ms toto vyjádření nepůsobí věrohodně a přirozeně.
- Nebylo by přirozenější mít u obrázku 5.13 prohozené osy? Tzn. korigovaná hodnota hustoty na vstupní (či wrong n_{wi}) hodnotě hustoty z interferometru.
- Poměrně dost často jsou v práci uvedeny grafické výsledky bez udání čísla výboje, ze kterého byly čerpány.
- Překlepy (výběr): * s.27,o.dole: ”COMPAS”; * s.83,o.dole: ”has two obstacle”; * s.95,o.1: ”can be see”; * s.95,o.2: ”is given as given as”; * s.91,o.1: ”can be cause”; * s.107,o.5.26: from x for; * s.38,o.3.2b: ”Othward”
- Nepozornosti: * v rovnici 2.5 na straně 23 nesedí rozměrově čísel $U_{loop} - U_p I_p$; * s.26,o.2.1: zřejmě thyristors; v rovnici 5.13 by měl sumační index $i = 1$ místo $1 = 0$; * s.81,o.1: ”electron density pressures”; * s.66,o.3.24: chybí číslo výboje.

¹* s.XX,o.YY: ”Tento formát znamená komentář k problému na stránce XX, oddílu, odstavci, či obrázku YY”

²Nedá se ubránit vzpomínce na známý hit Ivana Mládka: Zkratky [online]. Neczyklopedie [cit.2016-04-10]. Dostupné z [http://neczyklopedie.wikia.com/wiki/Zkratky_\(píseň\)](http://neczyklopedie.wikia.com/wiki/Zkratky_(píseň)).

- Věta na straně 21: "*This separation creates electrostatic field \vec{E} downwards which together with gradient of magnetic field creates outward force $\vec{F} = \vec{E} \times \vec{B}$.*" není konzistentní v popisu jevu a jeho reflexi ve vzorci, co se týče použití termínu *gradient*.
- U tištěných prací bych dal přednost vektorovému zápisu ve formě \mathbf{r} před \vec{r} .
- Srozumitelnosti obrázku 3.4 by pomohlo naznačit pomocí délek šipek, jak je to s relativními velikostmi popisovaných sil.
- U obrázku 3.8 na straně 46 bych dal ke zvážení, zda není trochu matoucí uvádět tento popis: "U [mVs/kA]". Jde především o tu časovou dimenzi. Je to problematické i vzhledem k sousednímu obrázku, kde je uváděn popis "B [mT/kA]".
- V začátku části 5.4.2 bych doporučil vyměnit slovo *measurement* za *control*, neb v případě samotného měření elektronové hustoty interferometrickou metodou asi ke znatelnému zpoždění v řádu ms dojít nemůže.

Ve své roli oponenta se zde nemohu nevyjádřit k jazykové úrovni zpracování problematiky v cizím jazyce, o které bych ale řekl, že potřebuje ještě uzrát.

- V práci se dají najít dle mého soudu ne úplně šikovná vyjádření, za nimiž jde vycítit české či slovenské gramatické konstrukce. Za všechny: * s.38,o.1: "*.. from plasma point of you ..*"; * s.31,o.3: "*Starting with discharge #3892 are in above presented format*"; * s.87,o.3: "*... when before the discharge offset of 2 V is used.*"; * s.89,o.1: "*After observation, that with increasing ratio I_{sfps}/I_p after certain values plasma does not increase elongation, but becomes smaller (see Sec. 4.1)*"; * s.89,o.2: "*Several discharges for this purpose were developed.*"; * s.97,o.3: "*Every piezo-electric valve is behaving different way ..*"; * s.61,o.1: "*Same important as FABV, is correct starting time of EFPS*"; * s.47,o.4: "*Comparing results between Fig. 3.8 show flux loops are more suitable ..*".
- Jsem přesvědčen, že používání určitých a neurčitých členů *a* a *the* není úplně v pořádku. Pro ilustraci: * v textu používáno termínu "COMPASS tokamak" často s určitým členem a často bez. * věta ze strany 84, odst. 2: "*... between probing wave passing through the plasma and a reference wave ...*" určitě není dobře vystavěná.
- V práci je leckde nevhodně namixován minulý a předpřítomný čas (např. Conclusions).

Mám k práci pár věcných poznámek, ke kterým bych rád slyšel při obhajobě vyjádření :

- Oddíl 5.2.3 by se dal jednodušeji pojmout³, neboť rovnice 5.11 pro L_1 je pro vhodně zvolené koeficienty identická s rovnicí 5.13 pro L_2 .
- Nerozumím tomu, proč se v oddíle 5.2.4 píše o "wrong interpreted density n_{wi} ". Kde se taková veličina vzala? Navozuje to představu, že někdo v systému dělá nějakou systematickou chybu. Chápal bych, že elektronová hustota je vstup do systému zpracovávaný skupinou zodpovědnou za diagnostiku. Posílají to s chybou? Proč je potřeba taková korekce? V případě, že celou diagnostickou cestu zpracovává autor, tak bych doporučil použít jiný název pro tuto "mezihodnotu".
- V logice výstavby tohoto díla jsem očekával v oddíle 3.1 "Plasma position model" po rozboru vertikální stability v pododdíle 3.1.2 následující část, která by totéž rozebrala pro horizontální případ. Tento rozbor, minimálně na tomto místě chybí, proč?
- V práci je dvakrát zmíněno, že Grad-Shafranov shift se v úvahách o stabilizaci plazmatu nebere v potaz. Prosím o vysvětlení pro případ horizontální stabilizace plazmatického prstence.

³Zjednodušení by této práci mohlo prospět.

- Obr. 5.22: není možné, aby do měření s analogovým filtrem "prosáklo" rušení z dramatických změn v proudu plazmatu v závěru výboje? Nejdříve pokles o 100 A během 30 ms a pak téměř okamžitý skok o 200 A. Prosím o komentář k této hypotéze.

Ve věcné diskusi k této práci bych ještě ocenil jednoduchý strategický rozbor možnosti reakce řídicího systému na nenadálý přechod tokamakového režimu z H do L módu. Takovýto neplánovaný, třeba i náhlý přechod může nežádoucím způsobem interagovat se stěnou tokamaku a v případě větších tokamaků vést zřejmě k jejich destrukci. Na takové scénáře je nutné se připravit.

Velmi oceňuji následující momenty předkládané práce:

- Práce je zpracována zjevně samostatně.
- Určité pasáže práce jsou publikovány v impaktovaných časopisech a lze vysledovat i ohlas a inspirování výsledky u některých ostatních podobných zařízení ve světě.
- V kontrolních systémech je věnována patřičná pozornost na hlídání bezpečnostních limitů.
- Velmi vítám snahu o metodický přístup k dokumentování těchto technologických celků, které začínají od popisu základních fyzikálních pojmů, postupují přes model daného procesu, následně je popisována daná diagnostická cesta a nakonec řídicí technologie.
- Konečné výsledky aplikace řídicích mechanismů jsou často impozantní - délka výboje nad 1s, proud plazmatem okolo 1/3 MA, možnost řízeného polohování plazmatického prstence v komoře, umožnění dosažení H módu, řízené vyvolávání ELM disruptivních nestabilit tokamakových výbojů, dosažení D tvaru plazmatu. Tyto výsledky zjevně vedly k povýšení experimentálních a badatelských možností tokamaku COMPASS na novou úroveň, která dovoluje důstojně přispět k plnění náročných cílů dosažení technologie ovládnutí řízené termojaderné fúze v pozemských podmínkách.

Závěrem konstatuji, že rozsah práce je veliký, je vypracována podle mého názoru samostatně a dostatečně pečlivě. Je zřejmé, že práce autora přispěla značnou měrou ke zdolání několika zásadních historických milníků v éře provozování tokamaku COMPASS v České republice. Publikační činnost uchazeče je dle mého soudu v dané fázi jeho vědecké kariéry skvělá. Obsahuje 28 publikací v impaktovaných časopisech s velmi slušným ohlasem čítajícím 118 citací (včetně autocitací). Výsledný *h*-index má k březnu roku 2016 hodnotu 6.

Mohu tedy konstatovat, že přes uvedené výhrady předložená práce splňuje všechny podmínky kladené na disertační práce a doporučuji ji uznat jako takovou.

Filipovi Jankymu přeji do dalších let badatelské kariéry mnoho úspěchů a pevně věřím, že se se svými zkušenostmi začne také přispívat k výchově a kultivování našich dalších generací mladých badatelů.

V Praze, 11.4.2016

Ing. Vojtěch Svoboda, CSc.

