

Oponentský posudek disertační práce Mgr. Filipa Jankyho

Návrh a implementace systému kontroly plazmatu pro tokamak COMPASS

Oponent: Mgr. Pavel Kudrna, Dr.

Předložená disertační práce je sepsána anglicky v celkovém rozsahu 147 stran. Za ně jsou pak připojeny 3 publikace, které vyšly v letech 2011, 2014 a 2015 v časopisu Fusion Engineering and Design a jichž je Mgr. Janky prvním autorem. Vlastní text disertace je na 115 stranách a je rozdělen do 6 kapitol. Práce cituje 116 referencí což je obvyklý počet.

V první kapitole jsou po krátkém úvodu o tokamaku COMPASS a jeho výzkumném programu stanoveny cíle práce. Původně bylo cílem vyvinout jen vertikální řízení polohy plazmatu v tokamaku COMPASS, ale úkol byl rozšířen i na další parametry tj. konkrétně proud, horizontální polohu, příčný tvar a koncentraci plazmatu. Poté autor uvádí přehled systémů nezbytných pro řízení a provoz tokamaku tedy sběr dat, časování, výkonné proudové zdroje, systémy pro napouštění plynu, pro ohřev plazmatu. Představuje software MARTE, který je používán i na jiných tokamacích a na kterém je založeno i řízení tokamaku COMPASS. Dále uvádí příklad časového vývoje hlavních parametrů výboje na COMPASSu a stručně se věnuje teorii řízení. Následují kapitoly 2 až 5, které se postupně zabývají řízením proudu, polohy, příčného tvaru a nakonec koncentrace plazmatu. Každá je rozdělena na model, diagnostiku, řídicí člen, kontrolér a jeho optimalizaci. V šesté kapitole autor navrhuje vhodná budoucí vylepšení, kterými jsou kombinovaný regulátor místo regulátorů oddělených, zkrácení časových zpoždění a vylepšení regulátoru pro řízení koncentrace plazmatu. Závěr práce přehledně shrnuje hlavní dosažené výsledky podle jednotlivých parametrů.

Práce bohužel obsahuje mnoho nedostatků v angličtině. Autor téměř vůbec nepoužívá určité členy což činí některé věty jen obtížně srozumitelnými nebo dokonce smysl unikne. Kromě toho lze téměř na každé stránce najít alespoň 2 další jazykové chyby.

Čtenáře mate, že v obr. 1.3 není vyznačen směr toroidálního pole B_T , přestože je vysvětlován na str. 8 a také že na téže straně je poměr I_{EFPS}/I_p popsán opačně. Podobně na str. 16 popis průběhu I_{MFPS} ze záporné do kladné amplitudy není ideální.

Str. 17 obr. 1.9, panel s koncentrací a také všechny ostatní grafy s koncentracemi mají chybně popsánu svislou osu koncentrace.

Kolem obr. 1.12 na str. 19 je chybně "e(t) is integrated error time". Na str. 21 je obr. 2.1 s opačným směrem B_T , než v obr. 1.3 a ve skutečnosti na COMPASS. Na str. 23 je chyba " $-U_p I_p$ " v rov. (2.5) a není vysvětlena zkratka AUG. Str. 24 obsahuje rov. (2.6) v níž nesouhlasí rozměry a dále, úplně dole na stránce, není jasné, proč se integrátor utrhne "tear down". Na str. 25 pod obr. 2.3 je "The thyristors are open by discharging capacitor C into them." což nedává smysl, je k nim antiparalelně. Na str. 27 ve 2-3 odst. nejsou vysvětleny Voltsekundy.

Na str. 28 rov. (2.5) a všechny ostatní rovnice popisující PI regulace nejsou správně rozměrově. Fyzikálně je zajímavé, zda konstanta P_{ip} souvisí s indukčnostmi v rovnici (2.5).

Posl. odst. na str. 30 kostrbatě popisuje, jak se už čtenář dříve dočetl, přepínání polarity MF zdroje.

Str. 36 rov. (3.8), stačí to pro definování flux funkce? Str. 37 rov. (3.10), opět jednotky, dále posl. věta na straně nejasná. Kap. 3.1, mícháno pojmy síly, objemové síly, síly na jednotku délky.

Str. 42 nahoře, nejsou nijak popsány IPR, EPR, FL ani Mirnovovy cívky, přitom důležitý je jejich tvar, orientace i velikost. Dále dole parametr elongation sice slovně

popisován, přesně ale až na následující straně, ale jeho první použití nastalo už na str. 3. Str. 43, 2. řádek, asi m místo cm.

Str. 45 rov. (3.36), jde o stejné psí jako v (3.8)? Pod tím pojem separatrix bez vysvětlení.

Text na str. 47 je velmi obtížně srozumitelný.

Str. 48, popisek obr. 3.11 odkazuje na (3.37), ale asi jde o (3.38), protože obr. 3.11 vlevo je tentýž jako 3.9 vpravo.

Celá kapitola 3 obsahuje mnoho rovnic, které nemají v pořádku fyzikální jednotky.

Poziční signály (3.37-9) musí záviset na I_p jak je to korigováno?

Str. 69 nahoře: Nabízí se otázka, zda MARTE nějak hlásí, že nestíhá v cyklu provést vše?

Zmínka o CCP je už na str. 29, na str. 69 a 70 přibylo Aurora. Není moc jasné, zda jde o protokol, jak je uvedeno na str. 70, nebo je to celé rozhraní, jak by to mohlo vypadat ze str. 71. Hraje roli i zpoždění dané dobou odvysílání oněch 2 bytů?

Str. 75 uprostřed, triangularita je bez vysvětlení. Objevuje se už na str. 3.

Na str. 82 a 83 je zmíněna boronizace bez vysvětlení, dále se mluví o kvalitě vakua bez konkrétnějších hodnot např. tlaku. Dále je zde používáno nevhodné "plasma breakdown".

Str. 86. rov. (5.10), opět jednotky, str. 89 rov. (5.13) totéž, navíc jsou chybné meze sumy.

K mikrovlnným interferenčním metodám na str. 85 a 86 se nabízí dotaz: Nešlo by vnést definovaný fázový rozdíl do 2GHz signálu a upravovat ho průběžně tak, aby $\Delta\phi$ bylo přibližně uprostřed intervalu mezi přeskoky?

Časové konstanty PI regulátorů v rov. (2.9), (3.61), (3.62), (3.63) a (5.26) jsou postupně 10 s, 12,5 s, 250 ms, 5 ms a 25 s. Kromě předposlední to znamená, že integrátory nehrají roli.

Chyb a nepřesností je v práci značný počet, srozumitelnost navíc místy kazí angličtina. Z popsaných dosažených výsledků však musí mít čtenář dobrý dojem. Postupným vylepšováním řízení se podařilo dospět k dostatečně vysokým proudům řízeným bez překmitů včetně kontroly polohy v horizontálním i vertikálním směru a tvaru plazmatu. Nakonec bylo zprovozněno i řízení koncentrace podle měření mikrovlnnými interferometry. Řízení parametrů je natolik stabilní, že se daří dosáhnout podmínek H-módu, což dovoluje studium ELM nestabilit. Oceňuji kapitolu 6, kde autor popisuje vhodné úpavy pro zvýšení robustnosti, snadnosti obsluhy a optimalizace parametrů.

Přes uvedené většinou formální nedostatky práce Mgr. Filipa Jankyho prokazuje předpoklady k samostatné tvořivé práci a splňuje požadavky kladené na disertační práci. Práci doporučuji k obhajobě.

V Praze dne 8. dubna 2016

doc. Mgr. Pavel Kudrna, Dr.