

Posudek doktorské disertační práce Mgr. Nadezdy Bogatyrevy

Radiation Transfer of Energy in Arc Plasma (Radiační přenos energie v obloukovém plazmatu)

Předložená doktorská disertační práce se zabývá aktuální tematikou výpočtu přenosu záření v obloukovém plazmatu. Téma je nadmíru aktuální jednak z hlediska akademického, tedy popisu procesů přenosu záření v určitých typech obloukového plazmatu, tak i z hlediska praktického, zejména pro užití současných modelů záření v numerických modelech obloukového plazmatu a obloukových vypínačů.

Členění práce je velmi srozumitelné: úvodní strana, abstrakt, klíčová slova, prohlášení, poděkování, obsah, seznam obrázků a tabulek, seznam symbolů, přehled konstant a zkratky. Samotné cíle disertace jsou jasně napsány v Úvodu, 1. kapitole, která rovněž podává čtenáři velmi pěkný přehled poznání v oboru fyzika plazmatu od 18. století do současnosti, zaměřený především na termické plazma, plazmové generátory a aplikace. Také je zřejmý dobrý přehled autorky o historii výzkumu v této oblasti v Sovětském Svazu a Rusku. Pro lepší pochopení problematiky podává kapitola 2 stručný úvod k radiačnímu přenosu v termickém plazmatu. Samotný radiační přenos, včetně obecné P-N metody, přibližných metod P-1 a P-3, multigrupové metody a středních hodnot absorpčních koeficientů podle Plancka a Rosselanda, jsou podrobně zpracovány v kapitolách 3 až 7. Zde začínají vlastní výsledky autorky disertace při nástinu odvození základních rovnic a vztahů v metodě P-1 a P-3 z obecné P-N metody, kde autorka prokázala velikou matematickou erudici, především v pečlivém odvození koeficientů v radě sférických harmonik obecným řešením i momentovou metodou. Samotné výsledky výpočtů jsou uvedeny v 8. kapitole pro plazma vzduchu, SF₆ a směsi SF₆ a PTFE. Autorka zde prezentuje net emisní koeficienty, radiační tok a jeho divergenci, pro případy izotermického cylindrického plazmatu a plazmatu se zadaným teplotním profilem pro absorpční koeficient počítaný Planckovou a Rosselandovou střední hodnotou. Všechny výsledky jsou podrobně a jasně diskutovány a porovnány s dřívějšími výpočty metodou parciálních charakteristik. Závěr disertace shrnuje dosažené výsledky a cíle disertace. Následují přílohy 1 a 2 se stručným popisem počítačových programů pro lepší představu čtenáře o použitých metodách. Obsah disertace uzavírá profesní životopis autorky a řešené projekty na VUT v Brně.

Disertace je předložena v anglickém jazyce, pečlivě zpracována a nemá žádné zásadní nedostatky. Autoreferát k disertaci je rovněž zpracován pěkně a přehledně.

Cíle disertační práce autorky byly splněny. Téma a výsledky disertace jsou velice aktuální a podle mých znalostí ojedinělé v oboru. Hlavní přínos disertace spatřuji v výpočtech absorpčních koeficientů pro plazma vzduchu, SF₆ a směsi SF₆ a PTFE, výpočty Planckových a Rosselandových středních hodnot absorpčních koeficientů, a dále výpočty net emisních koeficientů, radiačního toku a divergence radiačního toku pro modelové případy plazmatu metodou P-1. Rovněž tak podrobné odvození pozičních koeficientů v metodě P-3, která nabízí potenciál pro přesnější popis přenosu záření a jeho aplikace v CFD modelech v blízké budoucnosti. Výsledky disertace se již používají v numerických modelech obloukových vypínačů (ABB Corporate Research, Švýcarsko; Siemens AG Corporate Technology, Německo).

Autorka potvrdila, že je erudovanou odbornicí v oboru. Splnila veškeré podmínky pro přihlášku k obhajobě disertace - dosáhla 208.7 bodů z požadovaného minima 123 bodů, což představuje 170% požadovaného minima! Výsledky výzkumu, prezentované v disertaci již byly v minulých letech úspěšně publikovány. V současné době je autorkou již mnoha konferenčních příspěvků z domácích i zahraničních konferencí a několika článků v odborných časopisech.

Předložená disertace splňuje všechny formální náležitosti, požadované platnými zákony České republiky. Doporučuji ji k obhajobě a po jejím úspěšném průběhu navrhuji udělení akademické hodnosti PhD.

K disertaci mám několik poznámek a dotazů níže uvedených.

Poznámky k textu disertace:

Angličtina je obecně na vysoké úrovni, nicméně některé chyby lze nalézt, jako několik málo překlepů, chybějící určité členy "the" v některých větách, nesprávná předložka (ale jen ojedinelé), určitý člen u obrázku, např. "in the Fig. 17" na str. 61.

Str. 2, keywords: net emission coefficient. V textu disertace se v několika grafech (např. na str. 56, 57, 61, 62) vyskytuje popiska "coefficient net emission" - nekonzistence.

Str. 2, klíčová slova: net emission koeficient - nebyl by lepší překlad "net emisní koeficient"?

V úvodu disertace, zhruba do str. 35, jsou citace na konci věty uvedeny za tečkou. Např. na str. 25: "...devices, as measured by megawatts. [7]"

Str. 25: "The degree of ionization is usually low." Tuto větu bych prohodil s následující větou, aby bylo jasné, k jakému typu plazmatu se vztahuje.

Str. 28, termín "gradient arc equation", rovnice (2). Lepší by bylo užít výraz "electric field strength equation" nebo "electric potential definition". Definiční vztah pro elektrostatický potenciál má obecnou platnost bez ohledu na to, zda popisuje potenciál v oblouku.

Str. 43, rovnice (74): mohlo by být explicitně uvedeno, že I_w je hodnota intenzity na hranici. Při čtení textu jsem byl z toho chvíli zmaten.

Popisky v některých grafech a čísla na osách jsou velmi malé, např. na stranách 53, 61, 66, 67, 86.

K práci nemám podstatné připomínky, přesto bych rád požádal autorku, aby se vyjádřila (v případě dostatku času při obhajobě) k několika dotazům:

1) Str. 51: "...it is useful to use the spectral absorption coefficient for the band system averaged through the rotational spectrum, and also partially smeared through the vibration structure [28]."

Prosím o bližší vysvětlení, jakým způsobem se dělá průměrování přes rotační spektrum a částečné "rozmazání" přes vibrační strukturu.

2) Jak jste prováděla rozdělení frekvenčního pásma na jednotlivé frekvenční intervaly, uvedené na stranách 52, 56, 60? Náhodným výběrem podle tvaru spektra nebo užitím nějaké optimalizační metody, např. nízkorozměrnou simplexovou evolucí?

3) Nemám pochybnosti o správnosti dosažených výsledků, ale přesto jsem trochu překvapen velmi nízkými hodnotami net emisních koeficientů a radiačního toku v případě užití Rosselandovy střední hodnoty absorpčního koeficientu pro relativně vysoké tlaky 5 a 20 atm. Očekával bych, že obloukové plazma při těchto tlacích se blíží opticky tlustému a Rosselandova střední hodnota bude lépe popisovat realitu. V případě užití Planckovy střední hodnoty se profily uvedených veličin pro vysoké tlaky neodchylují výrazně od hodnot spočtenými MPC - pro mě rovněž trochu překvapení.

4) Srovnání metody P-1 a MPC: jak by podle Vás dopadlo srovnání výsledků výpočtů net emisních koeficientů, radiačního toku a jeho divergence, kdyby se výpočet pro jisté médium provedlo metodou P-1 a MPC s totožným absorpčním koeficientem, průměrovaným podle Plancka a Rosselanda? Byly by výsledky srovnatelné?

5) P-3 metoda:

a) V disertaci píšete (str. 39), že je známo z teorie transportu neutronů, že aproximace lichými řády rozvoje jsou přesnější než sudými řády. Aplikace stejného principu na rovnici přenosu záření vyplynula jen z podoby obou rovnic nebo pro rovnici přenosu záření existuje exaktní důkaz tohoto tvrzení?

b) Při aplikaci metody P-3 v CFD modelech, dala byste přednost metodě obecného řešení pro koeficienty I_1^m nebo momentové metodě?

c) Jak by asi dopadlo srovnání metod P-3 a MPC podle popisu z bodu 4) ?

d) Bude podle Vás metoda P-3 použitelná v dohledné době pro výpočet záření v obloukovém plazmatu v CFD kódech, vyvíjených uživateli, podobně jako metoda parciálních charakteristik? Nebude hlavním problémem pro užívání metody P-3, resp. i vyšších rozvoji, formulace správných okrajových podmínek ve složitých geometriích modelovaných zařízení obloukového plazmatu?

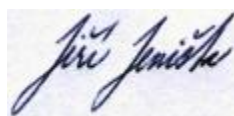
e) Pracujete na vývoji software, který bude počítat přenos záření metodou P-3?

6) Uvažujete o rozšíření Vašich výpočtů také pro nerovnovážné plazma ($T_e \neq T$, kinetická nerovnováha)?

7) Pro výpočty a vizualizace byla použita volná nebo placená verze programu FlexPDE?

Děkuji.

Praha 29. 5. 2015



Ing. M.S.M.E. Jiří Jeništa, CSc.
Ústav fyziky plazmatu AV ČR, v.v.i.