کنفرانس فیزیک ایران
۷ تا ۱۰ شهریور ۱۳۸۴
خرم آباد، دانشگاه لرستان
سال جهانی فیزیک - ایران ۱۳۸۴
WORLD YEAR OF PHYSICS - IRAN 2005
دانشگاه لرستان

بررسی داده های تجربی پلاسمای کانونی دنا با استفاده از مدل ML

سیاهپوش، وحید[۱]؛ امیرحمزه تفرشی، محمد[۲]

[۱] دانشگاه تبریز، پژوهشکدهٔ فیزیک کاربردی

[۲] سازمان انرژی اتمی ایران، مرکز تحقیقات گداخت هسته ای

چکیده

با استفاده از داده های سیستم پلاسمای کانونی دنا، نتایج تجربی دقیقی از رابطهٔ زمان تنگش و بیشینهٔ جریان تخلیه، با فشار گاز ارائه شده است که میزان تاثیر افزایش فشار را نشان می دهند. نتایج تجربی به دست آمده با نتایج نظری حاصل از شبیه سازی با مدل ML نیز مقایسه شده اند و علل عدم تطبیق کامل نتایج تجربی و نظری مورد بحث قرار گرفته است. در کل مدل ML قادر به توصیف کلی اثر فشار بر زمان و بیشینهٔ جریان تنگش بوده است، ولی برای بررسی های دقیق تر، نیاز به داشتن آگاهی در مورد مقادیر واقعی تر ضریب کیفی جریان، ضریب کیفی جرم پلاسما، و حتی زمان شکل گرفتن و یا ساخته شدن لایهٔ جریان می باشد.

Study of the Experimental Data of the Dena PF Facility, Using the ML-Model

Siahpoush, Vahid[1], Amirhamzeh Tafreshi, Mohammad[2]

[1] Research Institute for Applied Physics and Astronomy, Tabriz University.

[2] Atomic Energy Organization of Iran, nuclear fusion research centre

Abstract

Using the Dena PF facility, accurate measurements about the dependency of the pinch time t_p, and the maximum discharge current I_{max}, to the pressure increment, have been performed. The experimental data have also been compared to the theoretical results, based on the ML-model. The reasons for the lack of the perfect agreement have been mentioned. The study show that the ML-model is generally capable to describe the effect of the pressure variation on the t_p and the I_{max}, but to make an even more accurate study, the exact value of the current, and the mass shedding factors, and even the current sheath formation time, should be known.

PACS No. 52.

مقدمه

سیستم های پلاسمای کانونی سیستم های تولید تپی پلاسما هستند که با استفاده از تخلیهٔ الکتریکی در گاز، قادر به تولید پلاسمای چگال در ابعاد و زمان نسبتاً کم می باشند. در چند دههٔ گذشته با هدف تعیین اثرات متقابل بین عوامل ساختاری، شرایط آزمایشگاهی، و نیز پارامترهای پلاسما، مدل های نظری مختلفی از دینامیک پلاسما در سیستم های پلاسمای کانونی ارائه شده است.

جامع ترین این مدل ها، مدل ارائه شده توسط S. Lee می باشد [۱]، که به عنوان پایه ای برای درک پدیده های مرتبط با کانونی شدن پلاسما مورد استفاده قرار می گیرد. از آنجا که این مدل برای سیستم های نوع مدر طراحی شده است، لذا برای سیستم های نوع فیلیپوف مثل دنا (در سازمان انرژی اتمی) و یا سهند

Archive of SID

www.SID.ir

(در دانشگاه تبریز) نمی تواند مورد استفاده قرار بگیرد.لزوم دستیابی به مدلی جامع جهت بررسی دینامیک پلاسما در سیستم های پلاسمای کانونی نوع فیلیپوف، باعث شروع پژوهشی مشترک بین سازمان انرژی اتمی ایران و دانشگاه تبریز شد که نهایتاً منجر به ارائهٔ مدل ML (Modified Lee's model) شد [۲ و ۳].

در این مدل فرض شده است که جریان تخلیه الکتریکی از یک لایه نازک به نام لایه جریان میگذرد و بلافاصله پس از شروع تخلیهٔ الکتریکی در گاز، لایه جریان در اثر فشار مغناطیسی حرکت کرده و در جلویآن یک موج ضربه منتشر میشود.حرکت موج ضربه توسط رابطه زیر توصیف میشود.

$$\dot{r}_s = \frac{f_i I}{4\pi \cdot r_p}\left[\frac{\mu_0(\gamma+1)}{f_m \rho_0}\right]^{1/2}$$

که در آن r_s موقعیت موج ضربه و r_p موقعیت لایه جریان است. I جریان تخلیه خازن و $f_i I$ کسری از جریان تخلیه است که از پلاسما میگذرد، $f_m \rho_0$ نیز چگالی موثر گاز را نشان میدهد.

در فاصله بین لایه جریان و موج ضربه یک لایه متراکم پلاسما تولید میشود که با اعمال رابطه تراکم آدیاباتیک برای تغییرات موثر حجم آن میتوان سرعت لایه جریان را مشخص کرد.

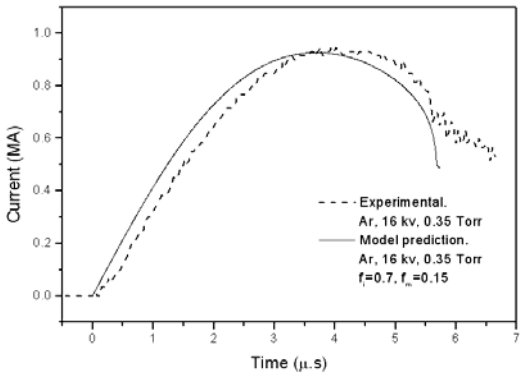
با اعمال این روابط برای قسمت های مختلف لایه پلاسما ودر نظر گرفتن معادله مدار الکتریکی سیستم، فرم ریاضی مدل که متشکل از ۸ رابطهٔ دیفرانسیل کوپل شده می باشد، تعیین می گردد [۲ و ۳].

در این مقاله برای اولین بار در داخل کشور نتایج تجربی دقیقی از تاثیر فشار گاز بر مقدار بیشینهٔ جریان تخلیه (I_{max}) و زمان تنگش (t_p) در سیستم دنا ارائه شده و با نتایج نظری حاصل از شبیه سازی با مدل ML مقایسه می شوند.

اثر تغییرات فشار بر I_{max} و t_p:

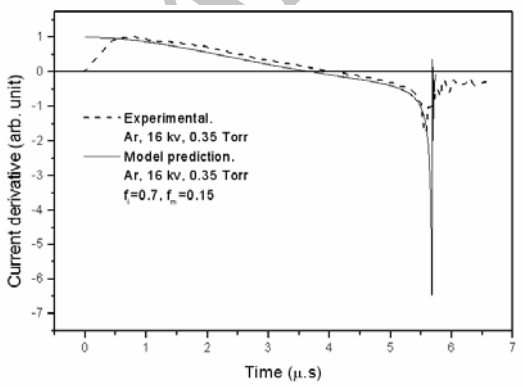
شبیه سازی با فرض این که در لحظهٔ صفر، ارتفاع ستون پلاسما، و نیز جریان مدار صفر بوده و شعاع ستون پلاسمابرابر شعاع آند است ، انجام شده ضمن آن که پارامتر های سیستم دنا [٤] از قبیل شعاع آند ۲۵cm، ارتفاع عایق۱۲cm، قطر خارجی عایق۲٤cm ، ظرفیت خازنی ۲۸۸ میکروفاراد، اندوکتانس سیستم ۳۷/۷ نانو هانری، نیز مورد استفاده قرار گرفته اند.

گاز مورد استفاده آرگون و ولتاژ کاری نیز ١٦ کیلوولت فرض شده است که منجر به ٤٧ کیلوژول تخلیهٔ انرژی می شود. با توجه به اهمیت ضرایب کیفی جریان (f_i) و جرم پلاسما (f_m)، این ضرایب نیز با استفاده از داده های تجربی تخمین زده شدند.



شکل ۱- جریان تخلیه (تجربی و شبیه سازی شده).

شکل ۱ جریان های تجربی و شبیه سازی شده را نشان می دهد. اختلاف زمانی بین دو منحنی و نیز اختلاف دامنه در لحظهٔ وقوع تنگش، به صرفنظر کردن مدل از زمان لازم برای تشکیل لایهٔ جریان، و نیز دقیق نبودن مقادیر (f_i) و (f_m) بستگی دارد. شکل ۲ نیز مشتق این جریان ها را نشان می دهد.

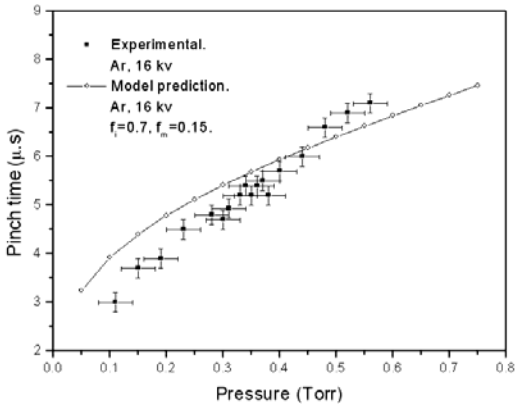


شکل 2- مشتق جریان تخلیه (تجربی و شبیه سازی شده).

Archive of SID

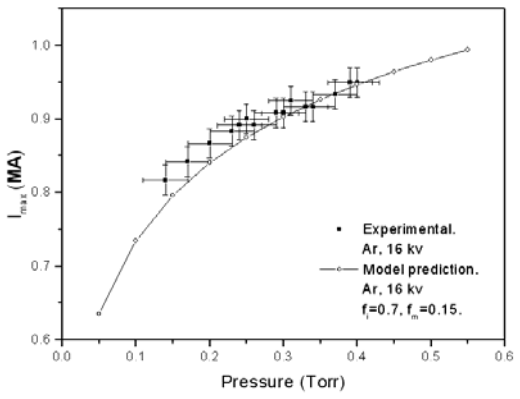
www.SID.ir

شکل ۳ رابطهٔ فشار و زمان تنگش را نشان می دهد. هر دو منحنی نشان می دهند که فشار بیشتر منجر به افزایش زمان تنگش (و یا به عبارت دیگر کاهش سرعت جمع شدن لایه) می شود. منبع اصلی عدم تطابق دقیق بین داده های تجربی و شبیه سازی شده این است که داده های شبیه سازی شده، صرفاً با استفاده از مقادیر ثابت (f_i) و (f_m) به دست آمده اند، حال آن که در عمل این مقادیر می توانند متفاوت باشند.



شکل۳- رابطهٔ زمان تنگش و فشار.

شکل ٤ رابطهٔ فشار و I_{max} را نشان می دهد. طبق این شکل در محدودهٔ ذکر شدهٔ فشار، افزایش فشار منجر به افزایش I_{max} می شود. دلیل فیزیکی این است که افزایش فشار منجر به افزایش فاصلهٔ زمانی بین لحظهٔ تنگش و لحظهٔ وقوع I_{max} شده و به این ترتیب اثر کاهش I_{max} توسط تنگش کمتر میشود. جدول ۱ جهت و حدود تاثیرات پارامترهای (f_i) و (f_m) را بر مقادیر شبیه سازی شدهٔ زمان تنگش، و بیشینهٔ جریان نشان می دهد.



شکل ٤- رابطهٔ بیشینهٔ جریان تنگش و فشار.

جدول ۱- حدود تاثیر پارامتر های (f_i) و (f_m).

	اعداد تجربی	شبیه سازی fi=0.7 fm=0.15	شبیه سازی fi=0.7 fm=0.20	شبیه سازی fi=0.8 fm=0.15
t_p (μs)	۵/٦±۰/۲	۵/۷	٦/۲	۵/۳
I_{max} (MA)	۰/۹۳±۰/۰۲	۰/۹۲	۰/۹۷	۰/۸۵

نتیجه گیری

برای اولین بار در داخل کشور نتایج تجربی دقیقی از تاثیر فشار گاز بر مقدار بیشینهٔ جریان تخلیه (I_{max}) و زمان تنگش (t_p) در سیستم دنا ارائه شد. نتایج تجربی فوق با نتایج نظری ناشی از شبیه سازی با مدل ML مقایسه شده و مهمترین عوامل تاثیرگذار بر نتایج شبیه سازی بررسی شدند. بررسی های صورت گرفته در واقع معیاری از محدودهٔ دقت مدل و عوامل موثر در آن را نیز به دست می دهند.

مراجع

[1] S. Lee, Proc. of 1984 Tropical College on Appl. Phys.
[2] V. Siahpoush, et. al., "A Model for Plasma Evolution in Filippov type Plasma Focus Facilities", Iranian J. of Sci. & Tech., Trans. A, Vol. **27**, No. A2, pp. 429-438.
[3] V. Siahpoush, et. al., "Adaptation of Sing Lee's model to the Filippov type Plasma Focus Geometry", Plasma Phys. Cont. Fusion **47** (2005) 1-11.
[4] M. A. Tafreshi, et. al., "Dena, a new PF Device", Nukleonika 2001, **46** (supplement 1), S85-S87.

Archive of SID
www.SID.ir