

**ORIGINAL ARTICLE**

# Comparing the Power Consumption of the Surface Dielectric Barrier Discharge (SDBD) Plasma Devices with Grid and Comb Structures

Soolmaz Jamali<sup>1</sup>, Ameneh Kargarian<sup>2\*</sup>, Nargess Razavinia<sup>3</sup>, Mehdi Bakhshzad Mahmoudi<sup>4</sup>

1 Ph.D., Plasma and Nuclear Fusion Research School, Nuclear Science and Technology Research Institute, Tehran, Iran.

2 Assistant Professor, Plasma and Nuclear Fusion Research School, Nuclear Science and Technology Research Institute, Tehran, Iran.

3. Ph.D., Plasma and Nuclear Fusion Research School, Nuclear Science and Technology Research Institute, Tehran, Iran.

4. M.Sc., Plasma and Nuclear Fusion Research School, Nuclear Science and Technology Research Institute, Tehran, Iran.

**Correspondence**

Ameneh Kargarian

Email: [akargarian@aeoi.org.ir](mailto:akargarian@aeoi.org.ir)

**How to cite**

Jamali, S. Kargarian, A. Razavinia, N. Bakhshzad Mahmoudi<sup>4</sup>, M. (2024). Comparing the Power Consumption of the Surface Dielectric Barrier Discharge (SDBD) Plasma Devices with Grid and Comb Structures, Optoelectronic, 6(4), 35-42.

**ABSTRACT**

The stable and uniform non-thermal plasma in atmospheric pressure produced by the surface dielectric barrier discharge (SDBD) device can be used in various industrial applications. Investigating the electrical properties, especially measurement of the power consumption of this device, is significant due to the importance of cost-effectiveness in its industrial applications. In this paper, the power consumption of the SDBD system with two different structures has been investigated. For this purpose, two SDBD systems with the same material and dimensions of electrodes and dielectric and two different structures comb and mesh electrodes designed and constructed. After that, under the same conditions, the power consumption of both systems measured and compared using the monitoring capacitor method. The purpose of this study is to choose the appropriate structure for the electrode in the design of the SDBD device for various industrial applications.

**KEYWORDS**

Surface Dielectric Barrier Discharge, Power Consumption, Comb Structure, Grid Structure, Monitoring Capacitor Method.

فصلنامه علمی

## اپتوالکترونیک

«مقاله پژوهشی»

# مقایسه توان مصرفی دستگاه تولید پلاسما به روش تخلیه سد دی الکتریک سطحی (SDBD) با ساختارهای مشبک و شانه‌ای

سولماز جمالی<sup>1</sup>، آمنه کارگریان<sup>2\*</sup>، نرگس رضوی‌نیا<sup>3</sup>، مهدی بخش‌زاد محمودی<sup>4</sup>

### چکیده

پلاسما ی غیرحرارتی فشار اتمسفری پایدار و یکنواخت تولیدشده به‌وسیله دستگاه تخلیه سد دی الکتریک سطحی، قابلیت کاربرد در صنایع مختلف را دارد. بررسی ویژگی‌های الکتریکی به ویژه محاسبه توان مصرفی این دستگاه با توجه به اهمیت مقرون به صرفه بودن استفاده از آن در صنایع، حائز اهمیت است. در این مقاله، میزان توان مصرفی سامانه تخلیه سد دی الکتریک سطحی با دو ساختار متفاوت بررسی شده است. بدین منظور، دو سامانه تخلیه سد دی الکتریک سطحی با جنس و ابعاد الکترودها و دی الکتریک یکسان و دو ساختار متفاوت الکترودها شانه‌ای و مشبک طراحی و ساخته شدند. پس از آن، در شرایط کاری یکسان، توان مصرفی هر دو سامانه با استفاده از روش خازن ناظر اندازه‌گیری و مقایسه شدند. هدف از انجام این مطالعه انتخاب ساختار مناسب الکترودها در طراحی دستگاه تخلیه سد دی الکتریک سطحی با قابلیت کاربرد در صنایع مختلف است.

### واژه‌های کلیدی

تخلیه سد دی الکتریک سطحی، توان مصرفی، ساختار شانه‌ای، ساختار مشبک، روش خازن ناظر.

1. دکترا، پژوهشکده پلاسما و گداخت هسته‌ای، پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، تهران، ایران.  
2. استادیار، پژوهشکده پلاسما و گداخت هسته‌ای، پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، تهران، ایران.  
3. دکترا، پژوهشکده پلاسما و گداخت هسته‌ای، پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، تهران، ایران.  
4. کارشناسی ارشد، پژوهشکده پلاسما و گداخت هسته‌ای، پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، تهران، ایران.

نویسنده مسئول:

آمنه کارگریان

رایانامه: akargarian@aeoi.org.ir

استناد به این مقاله:

سولماز جمالی، آمنه کارگریان، نرگس رضوی‌نیا، مهدی بخش‌زاد محمودی (1403). مقایسه توان مصرفی دستگاه تولید پلاسما به روش تخلیه سد دی الکتریک سطحی (SDBD) با ساختارهای مشبک و شانه‌ای. فصلنامه علمی اپتوالکترونیک، 6(4)، 35-42.

## مقدمه

روی لایه دی‌الکتریک انباشته شده و یک میدان الکتریکی (میدان داخلی) مخالف میدان الکتریکی بین الکترودها (میدان خارجی) را به وجود می‌آورند. بنابراین میدان کل، کاهش یافته و در نهایت فرآیند تخلیه خاتمه می‌یابد. از این رو به منظور استمرار عملیات تخلیه، نیاز به یک منبع ولتاژ متناوب جهت ایجاد مجدد یک میدان به اندازه کافی قوی است.

DBDها را به طور کلی می‌توان به طیف گسترده‌ای از پیکربندی‌های هندسی، تقسیم‌بندی کرد که شامل تخلیه سد دی‌الکتریک حجمی ( $^2VDBD$ )، تخلیه سد دی‌الکتریک سطحی ( $^3SDBD$ ) و تخلیه سد دی‌الکتریک همسطح ( $^4CDBD$ ) هستند. تخلیه سد دی‌الکتریک حجمی از الکترودهای استوانه‌ای هم مرکز یا الکترودهای مسطح موازی تشکیل شده است. در این پیکربندی، حداقل یکی از الکترودها توسط دی‌الکتریک پوشانده شده است [9]. CDBDها ترکیبی از پیکربندی‌های تخلیه حجمی و تخلیه سطحی هستند که از دو الکتروود موازی بلند با قطبش مخالف که در یک توده دی‌الکتریک در نزدیکی سطح آن قرار گرفته‌اند، تشکیل شده‌اند [10]. SDBDها از دو الکتروود تشکیل شده‌اند به طوری که یکی از آنها در یک طرف دی‌الکتریک قرار می‌گیرد و دیگری در تماس با طرف دیگر است. در این ساختار گاف تخلیه وجود ندارد و بنابراین تخلیه در امتداد سطح دی‌الکتریک منتشر می‌شود [11]. در تخلیه سد دی‌الکتریک سطحی بر خلاف تخلیه سد دی‌الکتریک حجمی، هندسه و ساختار باز میدان الکتریکی امکان بررسی بدون اختلال کل فرآیند تشکیل پلاسما و تحول تخلیه الکتریکی را در راستای دی‌الکتریک فراهم می‌کند و از نقطه نظر کاربرد، این هندسه باز هیچ محدودیتی در ضخامت مواد پردازش شده ایجاد نمی‌کند [12].

از پلاسما تولید شده به روش SDBD می‌توان برای بسیاری از کاربردها از جمله پردازش سطحی با لایه‌ای از پلاسما نازک از مرتبه  $0/1$  میلی متر استفاده کرد که بسیار مفیدتر از حجم‌های نسبتاً بزرگ پلاسما تولید شده به وسیله ساختار تخلیه سد دی‌الکتریک حجمی است. همچنین، پردازش با SDBDها موجب افزایش انرژی سطح پردازش شده می‌شوند و روشی مؤثر برای کاربردهای مختلف از جمله ویژگی‌هایی مانند آب دوستی سطح در زمان‌های بسیار کوتاه هستند؛ بنابراین، چنین سامانه‌ای می‌تواند در کاهش زمان

امروزه، پلاسما غیرحرارتی فشار اتمسفری به دلیل پتانسیل قابل توجهی که برای سازگاری با محیط زیست، انعطاف‌پذیری و صرفه‌جویی در انرژی دارد، به عنوان یک فناوری جدید و امیدوارکننده شناخته می‌شود [1]. این نوع پلاسماها با انواع روش‌های تخلیه الکتریکی مانند جت پلاسما فشار اتمسفر [2]، تخلیه کرونایی [3]، و تخلیه سد دی‌الکتریک ( $^1DBD$ ) تولید می‌شود [4]، که همه این روش‌ها دارای ویژگی‌ها و کاربردهای خاص هستند. در سال‌های اخیر، DBDها که پلاسما قوی ترمودینامیکی و غیر تعادلی را در فشار اتمسفر تولید می‌کنند، به دلیل رشد بی‌سابقه‌شان در کاربردهای صنعتی، توجه بیشتری را به خود جلب کرده‌اند [5-6]. در DBDهای معمولی، یک لایه عایق بین دو الکتروود قرار می‌گیرد تا تخلیه فشار اتمسفر غیرتعادلی را ایجاد می‌کند. یکی از تفاوت‌های اصلی بین تخلیه معمولی و تخلیه سد دی‌الکتریک این است که الکتروود و دی‌الکتریک در DBD توسط یک سد دی‌الکتریک از هم جدا می‌شوند که منجر به از بین رفتن خوردگی الکتروود می‌شود. در تخلیه معمولی که در آن الکترودها مستقیماً در تماس با گاز و پلاسما هستند، خوردگی رخ می‌دهد. علاوه بر این، از آنجایی که جفت‌شدگی خازنی دی‌الکتریک به یک ولتاژ متناوب برای هدایت جریان جابه‌جایی نیاز دارد، DBDها را بر خلاف تخلیه‌های معمولی، نمی‌توان با ولتاژ DC به کار انداخت. معمولاً، یک ولتاژ AC در محدوده 1 کیلوولت تا 100 کیلوولت و فرکانس در محدوده کیلوهرتز تا چندین مگاهرتز برای پیکربندی‌های DBD استفاده می‌شود. DBDها به دلیل ویژگی‌های منحصر به فرد پلاسما تولیدی، دارای گستره وسیعی از کاربردها هستند [7-8].

تخلیه‌های الکتریکی با ساختار سد دی‌الکتریک، در گروه تخلیه‌های ولتاژ بالا قرار دارند که در فشار اتمسفری و در بین دو الکتروود رخ می‌دهند، که حداقل یکی از آنها توسط یک لایه عایق (دی‌الکتریک) پوشانده می‌شود. وجود عایق از ایجاد جریان بالا و شکل‌گیری جرقه و قوس الکتریکی که منجر به تخریب سیستم می‌شود، جلوگیری می‌کند. حضور لایه دی‌الکتریک در این نوع تخلیه‌ها نقش بسیار تعیین‌کننده‌ای دارد. به این صورت که اتم‌های تشکیل دهنده لایه دی‌الکتریک در اثر اعمال ولتاژ، در راستای میدان الکتریکی قطبیده می‌شوند. به این ترتیب ذرات با بار مخالف

2 Volume Dielectric Barrier Discharge

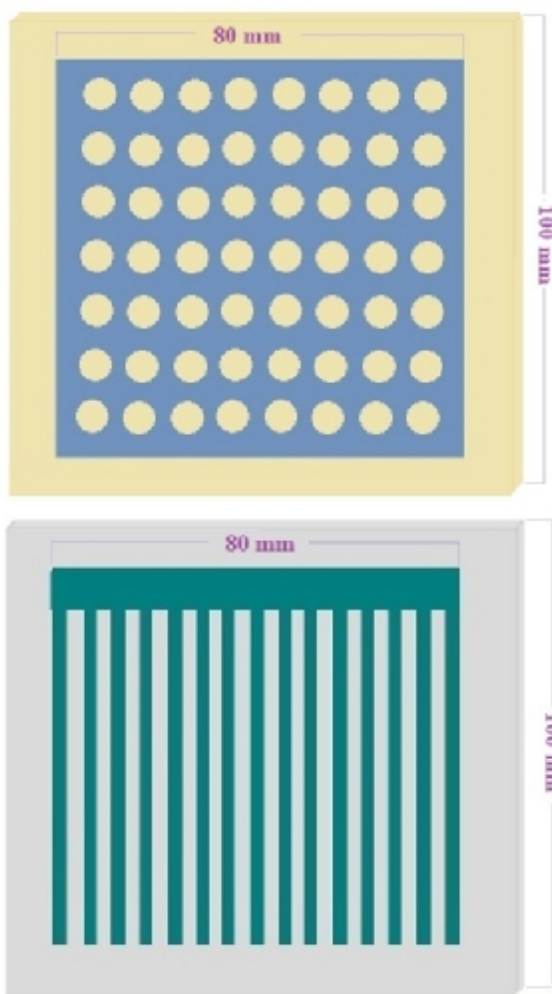
3 Surface Dielectric Barrier Discharge

4 Coplanar Dielectric Barrier Discharge

1 Dielectric Barrier Discharge

استقامت خوبی داشته باشند و به مرور زمان فرسوده نشوند. از موادی از جنس کوارتز [15] و میکا [16] در برخی مطالعات انجام شده بر روی این سامانه، به عنوان عایق استفاده شده است. در این مقاله، از عایق آلومینا به عنوان دی الکتریک استفاده شده است که دارای استحکام مناسب و ثابت دی الکتریک بالا نسبت به کوارتز و میکا است.

در سامانه SDBD با ساختار شانه‌ای، الکتروود بالایی که الکتروود تخلیه است دارای ساختار شانه‌ای و در سامانه SDBD با ساختار مشبک، الکتروود بالایی دارای ساختار مشبک است. در هر دو سامانه، الکتروود پایین که زمین است توسط لایه‌ای از نوار کاپتون پوشیده شده است تا از هرگونه تخلیه الکتریکی جلوگیری شود. شکل 1 نمایش طرح‌واری از ساختارهای الکتروود مشبک و شانه‌ای دستگاه SDBD استفاده شده در این مطالعه را نشان می‌دهد.



شکل 1. نمایش طرح‌واری از ساختارهای الکتروود مشبک و شانه‌ای دستگاه SDBD.

پردازش با پلازما و مصرف انرژی بسیار قابل توجه باشد. علاوه بر این، استفاده از پلاسمای سرد فشار اتمسفری به روش SDBD بدون تأثیر بر بخش عمده زیرلایه به طور قابل توجهی ویژگی‌های سطحی مختلف مانند رطوبت و چسبندگی را تغییر می‌دهد و اغلب مورفولوژی سطح را بهبود می‌بخشد [13-14].

در این مقاله، توان مصرفی در پیکربندی SDBD با دو ساختار الکتروود متفاوت شانه‌ای و مشبک با استفاده از روش خازن ناظر اندازه‌گیری و مقایسه شده است. محاسبه توان مصرفی سامانه SDBD از آن جهت بسیار مهم است که برآورد میزان مصرف برق پارامتری مهم در طراحی این سامانه جهت کاربرد آن در صنایع است. علاوه بر این، داده‌های توان مصرفی عامل مهمی در طراحی منابع تغذیه با ولتاژ بالای کارآمد و سبک است. در ابتدا چیدمان آزمایشگاهی مورد نظر تشریح شده است. در ادامه روش نظری اندازه‌گیری توان مصرفی و نتایج تجربی حاصل از اندازه‌گیری و مقایسه توان مصرفی سامانه‌های SDBD با ساختارهای شانه‌ای و مشبک بحث شده است. در نهایت، نتایج به‌دست آمده جمع‌بندی و گزارش شده است.

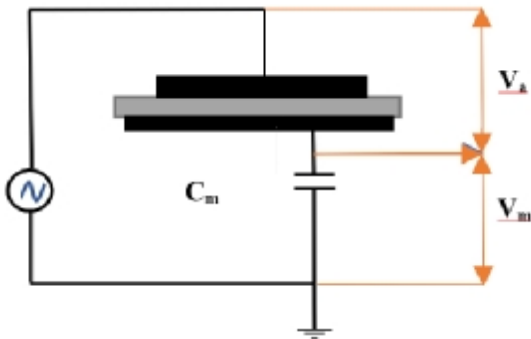
### طراحی و ساخت سامانه‌های SDBD با ساختار شانه‌ای و مشبک

برای ساخت سامانه‌های SDBD با ساختارهای شانه‌ای و مشبک استفاده شده در این مقاله، از الکتروودها و دی الکتریک با جنس و ابعاد یکسان استفاده شده است. الکتروودها دو صفحه موازی با ابعاد  $8 \times 8$  سانتی متر از جنس مس و با ضخامت 100 میکرون هستند که در فضای بین آن‌ها لایه‌ای از دی الکتریک به ضخامت  $0/5$  میلی متر و با ابعاد  $10 \times 10$  سانتی متر قرار گرفته است. الکتروود استفاده شده در ساختار SDBD باید دارای رسانایی الکتریکی بسیار بالا و مقاومت حرارتی بالایی باشد. به همین دلیل در این مقاله، از مس که یکی از مناسب‌ترین فلزات با رسانایی بالا و مقاومت حرارتی بالا است، برای ساخت الکتروودها استفاده شده است. الکتروودها کاملاً بر روی سطح دی الکتریک چسبانده شده‌اند به گونه‌ای که هیچ فضای خالی بین الکتروودها و دی الکتریک وجود نداشته و فرآیند تخلیه در طول لایه دی الکتریک صورت گرفته و هیچ گونه تخلیه‌ای در گاف صورت نمی‌گیرد. در تخلیه سد دی الکتریک برای ساخت دی الکتریک، از عایق‌هایی استفاده می‌شود که دارای ثابت دی الکتریک بالا و استحکام بالا باشند تا در مقابل برخوردهای الکترون - یون

### بحث و نتایج

#### محاسبه توان مصرفی

برای محاسبه توان مصرفی سامانه‌های تولید پلاسمای ساخته شده با ساختارهای شانه‌ای و مشبک، از روش خازن ناظر استفاده شده است. در شکل 3، نمودار مدار الکتریکی استفاده شده برای اندازه‌گیری توان مصرفی به روش خازن ناظر نشان داده شده است. در این نمودار،  $V_a$  ولتاژ اعمالی،  $V_m$  ولتاژ دو سر خازن و  $C_m$  ظرفیت خازن ناظر استفاده شده است.



شکل 3. مدار الکتریکی مورد استفاده برای اندازه‌گیری توان مصرفی

برای محاسبه توان مصرفی،  $P_a$ ، در یک دوره تناوب  $T$ ، در روش خازن ناظر از رابطه زیر استفاده می‌شود:

$$P_a(t) = \frac{1}{T} \int_0^T V_a dQ_m \quad (1)$$

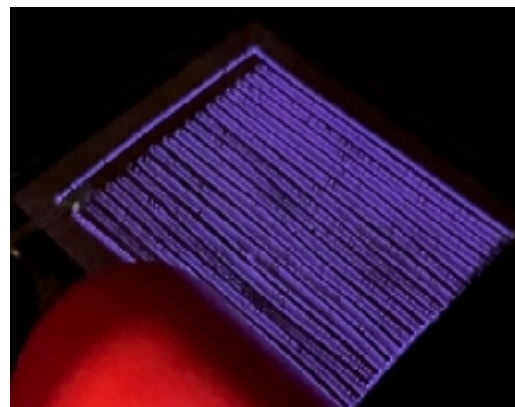
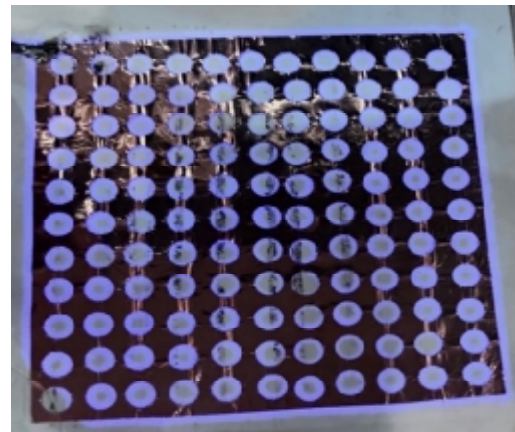
طبق فرمول بیان شده، با رسم نمودار بار خازنی لحظه‌ای بر حسب ولتاژ لحظه‌ای سامانه تولید پلاسمای SDBD، در صفحه  $Q_m - V_a$  منحنی لیسازو به دست می‌آید. رابطه 1 نشان می‌دهد که مساحت داخلی منحنی لیسازو تقسیم بر دوره تناوب چرخه AC یعنی  $T$  برابر با توان مصرفی سامانه تخلیه سد دی‌الکترونیک سطحی است [16].

#### مقایسه توان مصرفی سامانه‌های SDBD با ساختار مشبک و شانه‌ای

برای اندازه‌گیری و مقایسه توان مصرفی سامانه‌های تخلیه سد دی‌الکترونیک سطحی ساخته شده با ساختار شانه‌ای و مشبک در شرایط کاری یکسان ولتاژ 6 کیلوولت و فرکانس 14 کیلوهرتز، مطابق با نمودار مدار الکتریکی نمایش داده شده در شکل 3، از پروب ولتاژ و اسیلوسکوپ برای ثبت و

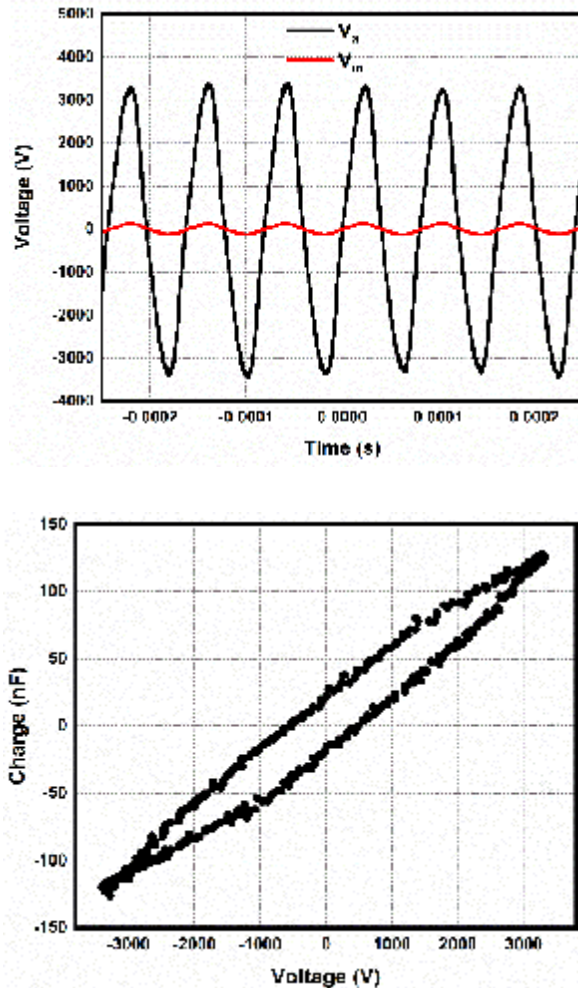
پس از ساخت سامانه‌های تخلیه سد دی‌الکترونیک سطحی مورد نظر با ساختارهای شانه‌ای و مشبک، مدار الکتریکی مناسب برای این سامانه بسته شد و پلاسمای تولیدی از دستگاه‌های ساخته شده با استفاده از منبع تغذیه با مشخصات ولتاژ 0-15 کیلوولت و فرکانس 0-15 کیلوهرتز، بررسی شد. ولتاژ AC معادل 6 کیلوولت با فرکانس 14 کیلوهرتز توسط منبع تغذیه مدل PS-FIDA AZMA Electronic Co. 2020 به سامانه DBD سطحی مورد نظر اعمال شد. برای اندازه‌گیری توان مصرفی با استفاده از روش خازن ناظر از خازنی با اندوکتانس پایین و نشتی کم با ظرفیت 22 نانوفاراد استفاده شده است. جمع‌آوری داده‌ها با استفاده از اسیلوسکوپ مدل GPS LTD انجام گرفته است. برای اندازه‌گیری ولتاژ خازن ناظر از پروب ولتاژ مدل Tektronix P6015A استفاده شده است.

تصویر پلاسمای تشکیل شده بر روی سطح دی‌الکترونیک با شکل‌های مشبک و شانه‌ای در شکل 2 نمایش داده شده است.



شکل 2. پلاسمای تولیدی در سامانه SDBD با ساختارهای الکترونیک مشبک و شانه‌ای.

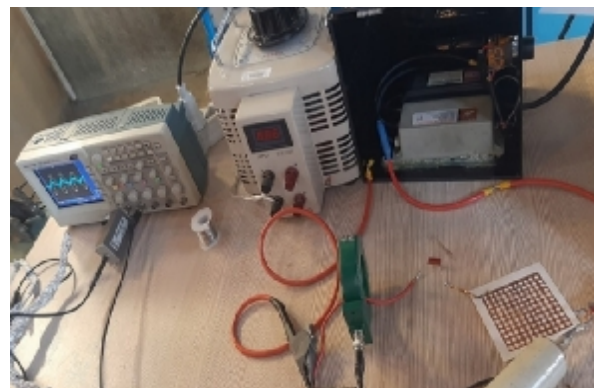
برابر با توان مصرفی سامانه مورد نظر است. بر این اساس توان مصرفی سامانه تخلیه سد دی الکتریک سطحی با ساختار شانه‌ای برابر با 25 وات به دست می‌آید.



شکل 5. (الف) منحنی ولتاژ لحظه‌ای و (ب) منحنی لیسازو ساختار شانه‌ای - شکل.

نمودارهای متناظر برای سامانه پلاسما تخلیه سد دی الکتریک سطحی با ساختار مشبک در شکل 6 نمایش داده شده است. همان گونه که عنوان شد مساحت ناحیه درون منحنی لیسازو در یک دوره تناوب برابر با توان مصرفی سامانه مورد نظر است. توان مصرفی سامانه تخلیه سد دی الکتریک سطحی با ساختار مشبک با بررسی نمودار و انجام محاسبات لازم برابر با 45 وات به دست می‌آید.

نمایش سیگنال‌های ولتاژ و جریان استفاده شد. چیدمان آزمایشگاهی برای اندازه‌گیری توان مصرفی در شکل 4 نشان داده شده است. بر اساس مطالعات انجام شده، وقتی خازن ناظر به صورت سری با سیستم تولید پلاسما قرار می‌گیرد، به صورت تقسیم کننده ولتاژ AC با امپدانس سیستم پلاسمایی که خازنی در نظر گرفته می‌شود، عمل می‌کند. مقدار ظرفیت خازن ناظر  $C_m$  در مقایسه با ظرفیت سیستم تولید پلاسما تخلیه سد دی الکتریک سطحی بزرگ در نظر گرفته می‌شود. از آنجایی که ظرفیت سیستم‌های SDBD معمولی مورد استفاده در مطالعات بین 5 تا 200 پیکوفاراد است، ظرفیت خازن‌های ناظر عموماً بین 10 تا 330 نانوفاراد انتخاب می‌شوند. ظرفیت خازنی معمولاً برای ارائه ولتاژی انتخاب می‌شود که برای اندازه‌گیری توسط ابزارها به اندازه کافی کم باشد. لازم است که ظرفیت خازن ناظر در محدوده ولتاژ و فرکانس کاری سیستم پلاسمایی SDBD باشد که انتخاب دقیق مدل خازن می‌تواند این شرایط را فراهم کند [17]. از آنجایی که مقدار ظرفیت خازنی سیستم‌های SDBD ساخته شده در این پژوهش در محدوده 100 تا 200 پیکوفاراد اندازه‌گیری شد؛ بنابراین خازن ناظر با ظرفیت 22 نانوفاراد برای انجام اندازه‌گیری‌های الکتریکی سیستم استفاده شد.



شکل 4. چیدمان آزمایشگاهی برای اندازه‌گیری توان مصرفی با استفاده از روش خازن ناظر

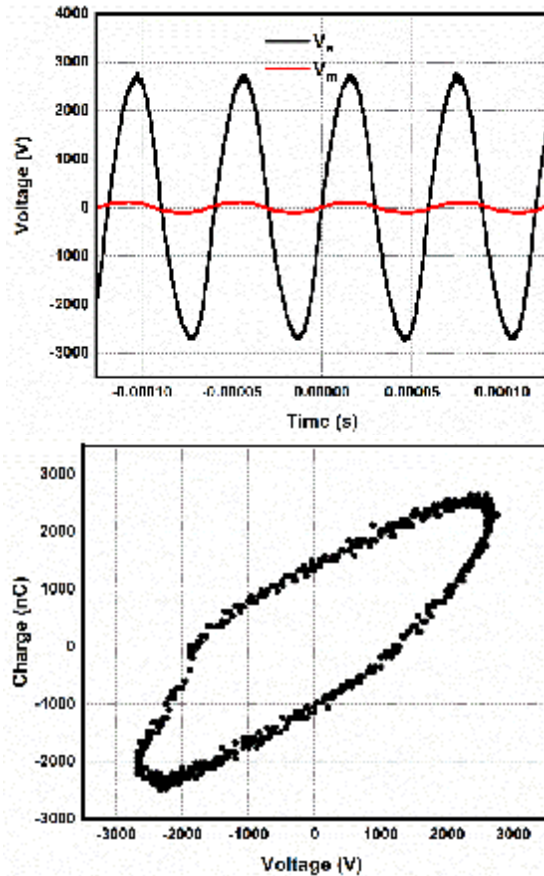
نمودار ولتاژ لحظه‌ای اعمالی به سیستم و ولتاژ دو سر خازن ناظر برای سامانه پلاسما تخلیه سد دی الکتریک سطحی با ساختار شانه‌ای در شکل 5 (الف) نمایش داده شده است. منحنی لیسازو سامانه مورد نظر در شکل 5 (ب) آمده است. مساحت ناحیه درون منحنی لیسازو در یک دوره تناوب



بازده بالاتر سامانه تولید پلاسما است؛ بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که سامانه تولید پلاسما تخلیه سد دی‌الکتریک سطحی با ساختار شانه‌ای مناسب‌تر از ساختار مشبک است.

### نتیجه‌گیری

در این مطالعه، برای اولین بار اثرات شکل و هندسه الکتروود سامانه تولید پلاسما به روش تخلیه سد دی‌الکتریک سطحی بر روی توان مصرفی این سامانه بررسی شده است. به این منظور دو ساختار متفاوت از سامانه تولید پلاسما به روش تخلیه سد دی‌الکتریک سطحی شامل ساختارهای مشبک و شانه‌ای طراحی و ساخته شده‌اند. میزان توان مصرفی ساختارهای مورد نظر با هدف استفاده از ساختار بهینه در کاربردهای مختلف از قبیل پردازش سطوح، بررسی و مقایسه شد. بدین منظور، در شرایط کاری یکسان ولتاژ 6 کیلوولت و فرکانس 14 کیلوهرتز توان مصرفی دو سامانه با ابعاد و جنس الکتروودها و دی‌الکتریک یکسان و ساختار الکتروود تخلیه متفاوت مشبک و شانه‌ای با استفاده از روش خازن ناظر اندازه‌گیری شد. نتایج حاصل از داده‌های تجربی به همراه تحلیل فیزیکی روابط مربوط به محاسبه توان مصرفی نشان داد در شرایط اولیه یکسان (ولتاژ 6 کیلوولت و فرکانس 14 کیلوهرتز)، توان مصرفی سامانه تولید پلاسما به روش تخلیه سد دی‌الکتریک با ساختار الکتروود شانه‌ای 25 وات و با ساختار الکتروود مشبک 45 وات اندازه‌گیری شد. اهمیت اندازه‌گیری توان مصرفی سامانه تولید پلاسما به روش تخلیه سد دی‌الکتریک، انتخاب ساختار مناسب الکتروود برای این سامانه به منظور استفاده از آن در مصارف صنعتی است. نتایج حاصل از این بررسی نشان می‌دهد ساختار الکتروود شانه‌ای به دلیل کاهش توان مصرفی نسبت به ساختار مشبک به منظور استفاده از آن در صنایع ارجحیت دارد.



شکل 6. (الف) منحنی ولتاژ لحظه‌ای و (ب) منحنی لیسازو ساختار شانه‌ای - شکل

بررسی نتایج حاصل از نمودارهای 5 و 6 نشان می‌دهد توان مصرفی سامانه تولید پلاسما تخلیه سد دی‌الکتریک سطحی با ساختار مشبک تقریباً دو برابر توان مصرفی ساختار شانه‌ای است. از آنجایی که برای کاربردهای مختلف در زمینه‌های گوناگون از قبیل پردازش سطوح و استفاده در صنعت و پزشکی هر چه توان مصرفی سیستم کمتر باشد نشان دهنده

### منابع

- [1] Nehra, V., Kumar, A., & Dwivedi, H. K. (2008). Atmospheric non-thermal plasma sources. *International Journal of Engineering*, 2(1), 53-68
- [2] Schutze, A., Jeong, J. Y., Babayan, S. E., Park, J., Selwyn, G. S., & Hicks, R. F. (1998). The atmospheric-pressure plasma jet: a review and comparison to other plasma sources. *IEEE transactions on plasma science*, 26(6), 1685-1694.
- [3] Fridman, A., Chirokov, A., & Gutsol, A. (2005). Non-thermal atmospheric pressure discharges. *Journal of Physics D: Applied Physics*, 38(2), R1.
- [4] Chirokov, A., Gutsol, A., & Fridman, A. (2005). Atmospheric pressure plasma of dielectric barrier discharges. *Pure and applied chemistry*, 77(2), 487-495.
- [5] Subedi, D. P., Joshi, U. M., & Wong, C. S. Dielectric barrier discharge (DBD) plasmas and their applications. *Plasma Science and Technology for Emerging Economies: An AAAPT Experience*. 693-737 (2017).
- [6] Xu, X. (2001). Dielectric barrier discharge properties and applications. *Thin solid films*, 390(1-2), 237-242.
- [7] Kogelschatz, U. (2003). Dielectric-barrier discharges: their history, discharge physics, and industrial applications. *Plasma chemistry and plasma processing*, 23(1), 1-46.
- [8] Wagner, H. E., Brandenburg, R., Kozlov, K. V., Sonnenfeld, A., Michel, P., & Behnke, J. F. (2003). The barrier discharge: basic properties and

- applications to surface treatment. *Vacuum*, 71(3), 417-436.
- [9] Huang, X., Zhou, S., & Liu, M. (2018). Investigation of the coupled volume dielectric barrier discharge for ozone formation in open atmospheric air. *IEEE Transactions on Plasma Science*, 46(8), 2887-2893.
- [10] Šimek, M., Ambrico, P. F., De Benedictis, S., Dilecce, G., Prukner, V., & Schmidt, J. (2010). behaviour in a N<sub>2</sub>-NO surface dielectric barrier discharge in the modulated ac regime at atmospheric pressure. *Journal of Physics D: Applied Physics*, 43(12), 124003.
- [11] Ran, S., Wang, J., Lei, B., Liu, S., Li, J., Wang, Y., ... & Tang, J. (2022). Numerical simulation of coaxial-coplanar dielectric-barrier discharge in atmospheric helium. *AIP Advances*, 12(5).
- [12] Subrata Roy, Bhaswati Choudhury, Judith Johnson و Alexander Schindler-Tyka (2021) Application of dielectric barrier discharge for improving food shelf life and reducing spoilage, *Scientific Reports* 11, 19200
- [13] f. Ambrico, Milan Simek, caterina Rotolo, Massimo Morano, Angelantonio Minafra, Marianna Ambrico, Stefania pollastro, Donato Gerin, francesco faretra, Rita M. De Miccolis Angelini (2020) surface Dielectric Barrier Discharge plasma: a suitable measure against fungal plant pathogens, *Scientific Reports* 10, 3673
- [14] Samira Elaissi and Norah A. M. Alsaif, (2023) Modelling of Nonthermal Dielectric Barrier Discharge Plasma at Atmospheric Pressure and Role of Produced Reactive Species in Surface Polymer Microbial Purification, *Polymers*, 15, 1235
- [15] Audier, P., Rabat, H., Leroy, A., & Hong, D. (2014). Experimental investigation of a surface DBD plasma actuator at atmospheric pressure in different N<sub>2</sub>/O<sub>2</sub> gas mixtures. *Plasma Sources Science and Technology*, 23(6), 065045.
- [16] Kargarian, A., Jamali, S., & Bakhshzad Mahmoudi, M. (2024). Design and Construction of a Plasma Generation Device Using the Surface Dielectric Barrier Discharge (SDBD) Method in a Laboratory Scale. *Iranian Journal of Applied Physics*.
- [17] Ashpis, D. E., Laun, M. C., & Griebeler, E. L. (2017). Progress toward accurate measurement of dielectric barrier discharge plasma actuator power. *AIAA Journal*, 55(7), 2254-2268.