

## طراحی و ساخت دستگاه تولید الیاف نانو به روش الکتروریسی

نویسنده ها: پدرام پیوندی، محسن هادیزاده

یزد، دانشگاه یزد، مجتمع فنی و مهندسی، دانشکده مهندسی نساجی

Email: [peivandi@yazduni.ac.ir](mailto:peivandi@yazduni.ac.ir)

### چکیده:

الکتروریسی در منابع مختلف به عنوان روشی که در آن نانوالیاف از مایعات پلیمری با استفاده از میدان الکتریکی تهیه می‌شوند، تعریف شده است. با توجه به این نکته اساس کار دستگاه الکتروریسی بر مبنای ایجاد اختلاف پتانسیل بالا می‌باشد و تاثیر مستقیمی که این اختلاف پتانسیل بر پایداری فرآیند الکتروریسی و خصوصیات الیاف نانو دارد هدف از این تحقیق طراحی و ساخت مدار الکتریکی جهت تولید نیروی الکتروستاتیکی مناسب جهت فرآیند الکترونانو رسی می‌باشد.

## ۱. مقدمه:

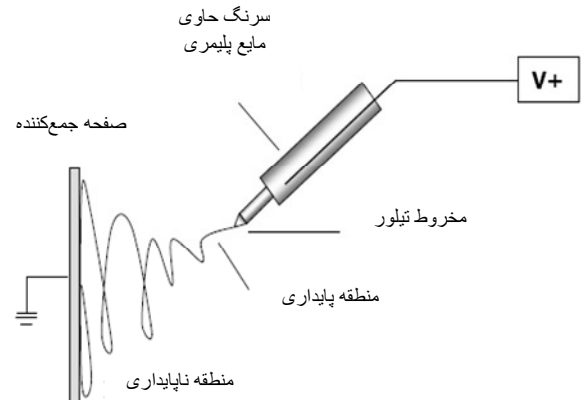
الکتروریسی روشی برای تولید الیاف در ابعاد نانومتر و بزرگتر از آن از مایعات پلیمری است. در سال ۱۹۳۰ فرمهالز فرآیندی را ثبت کرد که در آن یک دستگاه الکتروریسی آزمایشگاهی برای تولید نانوالیاف پلیمری با استفاده از نیروی الکترواستاتیک طراحی شده بود. وقتی از این روش برای رسیدن الیاف استفاده شود، اصطلاحاً به آن الکتروریسی گفته می‌شود [۱].

الکتروریسی موفقیت‌های زیادی در تکنولوژی شکل‌گیری نانوالیاف از محلول‌های با گرانیوی زیاد، داشته است. روش‌های مختلفی برای تولید نانو الیاف وجود دارد. اما هنگامی که به امکانات تجاری، پلیمرهای مختلف و کاربردهای تجاری آن‌ها، سادگی پروسه تولید و کاربرد آن در تکنولوژی‌های مختلف تولید، توجه شود، تولید نانو الیاف با تکنولوژی الکتروریسی، به عنوان کارآمدترین روش شناخته می‌شود [۲]. نانوالیاف تولید شده با روش الکتروریسی محدوده وسیعی از کاربردهای بالقوه در بسیاری میادین مانند فیلتراسیون هوا، فیلتراسیون آب، زیست، دارورسانی (به بافت مورد نظر)، مهندسی بافت، نانوسیم‌ها، دارد [۵-۱]. با توجه به این نکته اساس کار دستگاه الکتروریسی بر مبنای ایجاد اختلاف پتانسیل بالا می‌باشد و تاثیر مستقیمی که این اختلاف پتانسیل بر پایداری فرآیند الکتروریسی و خصوصیات الیاف نانو دارد.

در این تحقیق به طراحی و ساخت مدار الکتریکی جهت تولید نیروی الکترواستاتیکی مناسب جهت فرآیند الکترونانو رسی پرداخته می‌شود

## ۲. بخشهای دستگاه الکتروریسی:

اجزاء متداول دستگاه الکتروریسی اساساً شامل یک سرنگ پر از محلول یا مذاب پلیمری، یک صفحه جمع‌کننده برای نگهداری وب نانوالیاف و یک منبع تغذیه ولتاژ بالا برای تأمین نیروی الکتریکی مورد نیاز برای کشیدن جت مایع می‌باشد [۳-۵]. در شکل ۱ نمای شماتیکی از الکتروریسی نشان داده شده است.

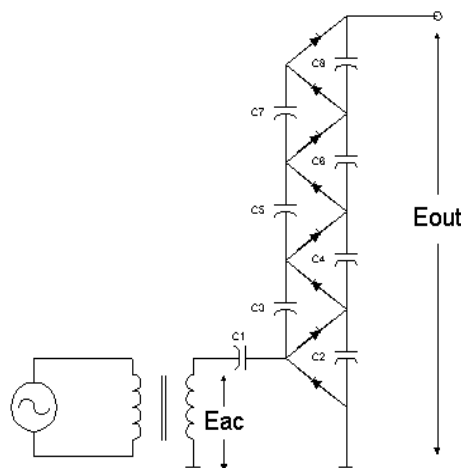


شکل ۱- نمای دستگاه الکتروریسی

در فرآیند الکتروریسی یک میدان الکترواستاتیکی بین یک نازل و یک جمع کننده ایجاد می گردد، و در اثر نیروی الکتریکی، محلول پلیمری از نازل به سمت جمع کننده خارج می شود. سپس حلال از میان جت پلیمر تبخیر می شود، علاوه بر این جت، ناپایداری هایی را تحمل می کند که عمدتاً بوجود آورنده اندازه نانویی قطرلیف هستند و نیز بر مورفولوژی الیاف تولید شده اثر می گذارد [۶].

### ۳. روش تولید ولتاژ بالای مستقیم:

جهت تولید اختلاف پتانسیل مورد نیاز جهت فرآیند الکتروریسی نیاز به افزایش ولتاژ معمول (۲۲۰ ولت) و تغییر نوع ولتاژ از متناوب به مستقیم می باشد جهت این امر از مدار چند برابر کننده ولتاژ که در شکل ۲ نشان داده شده است استفاده می شود.



شکل ۲- مدار چند برابر کننده ولتاژ

میزان افزایش ولتاژ برابر است با [V]:

$$E_{out} = 2 \times n \times E_{pac} - I_{load} \times (4 \times n^3 + 3 \times n^2 - n) / (6 \times f \times c) \quad (1)$$

که در معادله ۱  $E_{out}$  ولتاژ مستقیم خروجی،  $E_{pac}$  پیک ولتاژ متناوب ورودی،  $n$  تعداد طبقات چند برابر کننده،  $f$  فرکانس ورودی،  $c$  ظرفیت خازن و  $I_{load}$  میزان جریان مورد نیاز در خروجی می باشد. همانطور که از معادله ۱ مشخص است میزان ولتاژ خروجی ثابت نبوده و به پارامترهای فرآیند الکتروریسی مانند جریان الکتروریسی وابسته است. جریان مورد نیاز جهت الکتروریسی به پارامترهای مانند نوع محلول پلیمری، هدایت الکتریکی محلول، ویسکوزیته محلول و فاصله دو الکتروود از هم وابسته است. در صورتی که پارامترهای طراحی مدار اختلاف پتانسیل بدرستی طراحی نشود کاهش ولتاژ به وجود آمده در اثر تغییر جریان منجر به اختلال در فرآیند الکتروریسی میگردد. در واقع یک منبع تغذیه ولتاژ بالای مناسب جهت الکتروریسی نباید متاثر از پارامترهای فرآیند الکتروریسی باشد. بدین منظور بهینه سازی پارامترهای مدار چند برابر کننده ولتاژ که منجر به کم اثر نمودن تاثیر جریان الکتروریسی می گردند مورد توجه می باشند که این پارامترها عبارت اند از:

- فرکانس منبع ورودی

- ظرفیت خازن

- تعداد طبقات مدار چند برابر کننده

فرکانس ورودی معمول برابر با فرکانس برق شهری (۵۰ هرتز) می باشد. جهت افزایش فرکانس می توان با تبدیل نوع ولتاژ متناوب به مستقیم و استفاده از مدارهای کلید زنی به فرکانس دلخواه تا چند ده مگا هرتز دست یافت، اما محدودیت چنین مدارهایی در میزان ولتاژ کاری می باشد که نمی توانند عملیات تغییر فرکانس را در ولتاژ بالایی به انجام رسانند و در نتیجه نیاز به ترانس مخصوصی می باشد که بتواند در فرکانس مورد نظر افزایش مورد نظر را در ولتاژ ورودی با فرکانس بالا اعمال کند.

افزایش ظرفیت خازن عاملی دیگر در کاهش اثر جریان الکتروریسی میباشد. اما انتخاب خازن باید با توجه به ولتاژ ورودی صورت گیرد به طوری که خازن تحمل ولتاژی برابر ولتاژ پیک به پیک ورودی را دارا باشد که در ولتاژهای ورودی بالا تولید خازن با ظرفیت بالا با محدودیتهای تکنولوژیکی همراه می باشد.

کاهش تعداد طبقات چند برابر کننده نیز در کاهش تاثیر جریان بسیار موثر می باشد. تعداد طبقات وابسته به میزان ولتاژ ورودی و ولتاژ مورد نیاز در خروجی می باشد.

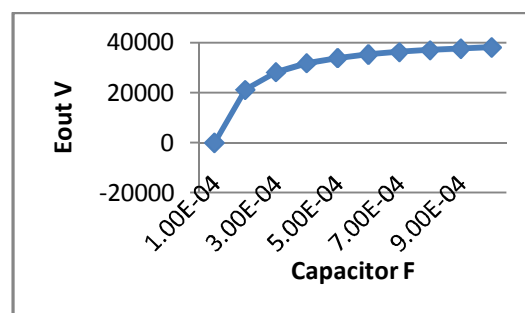
## ۴. مدلسازی:

با توجه به پارامترهای موثر در کاهش اثر جریان الکتروریسی بر منبع تغذیه ولتاژ بالا اقدام به مدلسازی جهت بررسی شرایط بهینه گردید.

جدول ۱- مشخصات دستگاه الکتروریسی

مشخصات	مقادیر
ولتاژ ورودی	۲۲۰ ولت
فرکانس ورودی	۵۰ هرتز
حداکثر جریان الکتروریسی	۱ میلی آمپر
حداکثر ولتاژ خروجی	۳۰ کیلو ولت

در شکل ۳ نتایج حاصل از مدلسازی نشان داده شده است همانطور که با افزایش میزان ظرفیت خازن کارایی مدار چند برابر کننده به مقدار نامی خود ( $E_{out}=2 \times n \times E_{pac}$ ) که در اینجا برابر با ۴.۲۳ کیلو ولت می باشد نزدیک می شود.



شکل ۳- تاثیر ظرفیت خازن بر ولتاژ خروجی مدار چند برابر کننده ولتاژ

## ۴. بحث و نتیجه گیری:

میزان جریان الکتریکی در فرآیند الکتروریسی تابعی از پارامترهای فرآیند می باشد از طرفی این جریان بر میزان افت اختلاف پتانسیل منبع تغذیه به شدت اثر گذار می باشد در این مقاله به روش های کاهش این تاثیر و ثابت نگه داشتن ولتاژ حین فرآیند الکتروریسی پرداخته شد. مدلسازیها و نتایج تجربی نشان دادند که ظرفیت خازن ولتاژ ورودی دو عامل موثر بهینه سازی در این زمینه می باشند.

## ۴. منابع:

۱. مرآتی علی اکبر، دادگر مهران، مقدمه ای بر الکتروریسی و نانوالیاف، چاپ اول، انتشارات جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر
2. Lan, Xu., "A mathematical model for electrospinning process under coupled field forces" *Chaos, Solitons and Fractals*, 42 (2009), 1463–1465
3. Bhardwaj, N., Kundu, S., "Electrospinning: A fascinating fiber fabrication technique", *Biotechnol Adv*, 10,(2010)54-62,
4. Yordem O.S., Papila, M., Mencilog lu, Y.Z., "Effects of electrospinning parameters on polyacrylonitrile nanofiber diameter: An investigation by response surface methodology", *Materials and Design*, 29 (2008), 34–44
5. Kilic, A., Oruc, F., Demir, A., "Effects of Polarity on Electrospinning Process", *Textile Research Journal*, 78(2008), 532-539
6. Heikkil, P., Harlin, A., "Parameter study of electrospinning of polyamide-6" *European Polymer Journal*, 44 (2008) 3067–3079
7. Wadhawa, C.L., "High Voltage Engineering", NEW AGE INTERNATIONAL publisher, 2007