

# دستورالعمل استفاده از دستگاه الکتروریس دو پمپ

Lab-scale Dual Pump Electrospinning Unit  
(Electroris)

Model: ESP2000



۱۳۹۸



## فهرست عناوین

صفحه	عنوان
۱	فصل ۱- مقدمه.....
۱	۱-۱- شماره سریال.....
۱	۲-۱- دستگاه آزمایشگاهی الکتروریسی.....
۲	۱-۲-۱- قابلیت‌ها و مشخصات.....
۴	۲-۲-۱- بسته تحویلی.....
۵	۳-۲-۱- مزایای استفاده از دستگاه الکتروریس.....
۵	۳-۱- پارامترهای موثر در الکتروریسی پلیمرها.....
۵	۱-۳-۱- فاصله بین نوک نازل تا جمع کننده.....
۶	۱-۳-۲- قطر روزنه یا سوزن سرنگ.....
۶	۳-۳-۱- سرعت جریان جت.....
۶	۴-۳-۱- تهیه نانوالیاف یکنواخت.....
۶	۵-۳-۱- استفاده از جمع کننده چرخان.....
۸	۶-۳-۱- استفاده از چند نازل.....
۸	۷-۳-۱- اثر روبش نازل.....
۹	۸-۳-۱- تشکیل نانوالیاف روی جمع کننده.....
۹	۹-۳-۱- ولتاژ.....
۹	۱۰-۳-۱- دما.....
۱۰	۴-۱- گارانتی و خدمات پس از فروش.....
۱۱	فصل ۲- ایمنی.....
۱۱	۱-۲- خطر برق گرفتگی.....
۱۱	۲-۲- خطر پاشیدن محلولهای پلیمری.....
۱۲	فصل ۳- نصب و راه‌اندازی.....
۱۲	۱-۳- نصب فیزیکی دستگاه.....

- ۲-۳- راه اندازی دستگاه..... ۱۲
- فصل ۴- عملکرد دستگاه ..... ۱۴
- ۱-۴- سیستم کلی دستگاه الکتروریس ..... ۱۴
- ۱-۱-۴- سیستم تزریق محلول ..... ۱۴
- ۲-۱-۴- سیستم تامین اختلاف پتانسیل (ولتاژ) بالا..... ۱۵
- ۳-۱-۴- سیستم جمع کننده نانوالیاف (کالکتور)..... ۱۵
- ۴-۱-۴- سیستم تنظیم فاصله الکتروریسی ..... ۱۵
- ۵-۱-۴- سیستم روبش نازلها..... ۱۶
- ۶-۱-۴- سیستم کنترل دمای محفظه..... ۱۶
- ۲-۴- واسط فیزیکی ..... ۱۶
- ۱-۲-۴- پنل دستگاه..... ۱۶
- ۲-۲-۴- صفحه نمایشگر..... ۱۷
- ۳-۴- پمپ سرنگی ..... ۱۸
- ۱-۳-۴- حداقل و حداکثر سرعت تزریق..... ۲۱
- ۲-۳-۴- صفر نمودن میزان محلول تزریق شده..... ۲۱
- ۳-۳-۴- اتمام محلول..... ۲۱
- ۴-۳-۴- محاسبات انتخاب سرعت مناسب به نسبت ابعاد سرنگ انتخابی..... ۲۲
- ۴-۴- سیستم روبش نازلها..... ۲۲
- ۵-۴- سیستم تنظیم فاصله الکتروریسی..... ۲۴
- ۶-۴- سیستم تنظیم سرعت چرخش درام کالکتور..... ۲۴
- ۷-۴- چراغهای LED روی پنل..... ۲۶
- ۸-۴- تنظیم دمای داخل محفظه..... ۲۷
- ۱-۸-۴- لزوم تنظیم دما..... ۲۸
- ۲-۸-۴- فن تهویه..... ۲۸
- ۹-۴- روشنایی داخل محفظه..... ۲۹
- ۱۰-۴- سیستم تامین اختلاف پتانسیل..... ۲۹

- ۴-۱۰-۱- روشن نمودن منبع تامین اختلاف پتانسیل..... ۲۹
- ۴-۱۰-۲- تنظیم ولتاژ خروجی..... ۳۰
- ۴-۱۰-۳- هشدار باز بودن دربها..... ۳۱
- ۴-۱۱- Alarms منوی..... ۳۱
- ۴-۱۲- Setting منوی..... ۳۱
- ۴-۱۳- ایمنی..... ۳۴
- ۴-۱۳-۱- اتصال دستگاه به ارت..... ۳۴
- ۴-۱۳-۲- سیستم توقف اضطراری..... ۳۵
- فصل ۵- نگهداری..... ۳۶
- ۵-۱- اقدامات ایمنی و نحوه نگهداری از سیستم..... ۳۶
- ۵-۲- بررسی های قبل از روشن نمودن دستگاه الکتروریس..... ۳۶
- ۵-۲-۱- بررسی سیستم اتصال به زمین (ارت)..... ۳۶
- ۵-۲-۲- روش تست ارت..... ۳۶
- ۵-۲-۳- بررسی اتصال کابل ولتاژ بالا..... ۳۷
- ۵-۲-۴- اطمینان از خاموش بودن منبع تامین اختلاف پتانسیل..... ۳۷
- ۵-۳- بررسی عملکرد دستگاه الکتروریس..... ۳۸
- ۵-۳-۱- کالیبراسیون..... ۳۸
- ۵-۳-۲- عملکرد منابع تامین ولتاژ بالا..... ۳۸
- ۵-۳-۳- عملکرد درام کالکتور..... ۳۸
- فصل ۶- عیب یابی..... ۴۰
- ۶-۱- عیب یابی..... ۴۰
- فصل ۷- سفارش..... ۴۲
- ۷-۱- تولید سفارشی..... ۴۲
- ۷-۲- نحوه سفارش..... ۴۲
- ضمیمه ۱- قطر داخلی سرنگ..... ۴۳
- ضمیمه ۲- جدول نازل سرنگ..... ۴۴

## فصل ۱- مقدمه

## ۱-۱- شماره سریال

همه امور مربوط به این محصول باید به شماره سریالی که در پشت دستگاه نصب شده است، ارجاع داده شود.



شکل ۱-۱- شماره سریال دستگاه الکتروریس.

## ۱-۲- دستگاه آزمایشگاهی الکتروریسی

نانوالیاف پلیمری به دلیل کاربردهای فراوان و ویژگی‌های خاصی که در این ابعاد پیدا می‌کنند، مورد توجه صنایع مختلف قرار گرفته‌اند. از جمله این کاربردها می‌توان کاربردهای پزشکی و تصفیه را نام برد. از این رو تولید نانوالیاف پلیمری با استفاده از یک روش نسبتاً ساده اما کارآمد، بسیار مفید خواهد بود. امروزه نانوالیاف پلیمری به دلیل کاربردهای فراوان بسیار مورد توجه قرار گرفته‌اند از جمله کاربردهای مختلف نانو الیاف می‌توان به کاربرد آنها در زمینه‌های فیلترهای غشایی، لباس‌های محافظ، تجهیزات الکترونیکی و نوری، کاربردهای بیوپزشکی و کامپوزیت‌های تقویت‌شده اشاره کرد. الکتروریسندگی (Electrospinning) روشی برای تولید نانوالیاف از طریق اعمال میدان الکتریکی بر یک جت سیال پاشیده شده است. این مواد دارای خواص مکانیکی، الکتریکی و بیولوژیکی بهبود یافته می‌باشند که می‌توان آن را متاثر از مساحت سطحی بالا و بهبود ساختار الیاف دانست.

دستگاه الکتروریس دارای قابلیت‌های ارتقا یافته در مقایسه با مشابه‌های خارجی برای تحقیقات آزمایشگاهی بر روی نانوالیاف پلیمری است. این دستگاه قابلیت کنترل همه پارامترها توسط پنل و صفحه نمایشگر HMI را دارد. این دستگاه همچنین دارای سیستم تامین کننده اختلاف پتانسیل (HV) قابل کنترل از صفر تا ۳۵ کیلو ولت با نمایشگر دیجیتالی ولتاژ، است. این دستگاه برخلاف سایر دستگاه‌های الکتروریسی، از اندازه و وزن کمتری برخوردار است و امکان استقرار آن در آزمایشگاه به راحتی میسر است. با توجه به طول و قطر درام امکان جمع‌آوری لایه‌های نانوالیاف یکنواخت با ابعاد  $25 \times 30$  مترمربع مهیا خواهد شد.

این دستگاه دارای ثبت اختراع داخلی و بین المللی می باشد.



شکل ۱-۲- دستگاه الکتروریس دو پمپ.

## ۱-۲-۱- قابلیت‌ها و مشخصات

### ✓ انعطاف پذیری

- توسط این دستگاه مشخصات مختلف نانوالیاف از جمله تخلخل، شکل، قطر، ضخامت، آرایش‌یافتگی و توانایی گره دار شدن می‌تواند کنترل شود.
- فرآیند آسان و مقرون به صرفه است.
- با توجه به سرعت بالای چرخش درام تولید نانوالیاف آرایش یافته و موازی به خصوص با استفاده از درام جمع کن سیمی میسر است.
- بسیاری از انواع پلیمرها از جمله پلیمرهای مصنوعی، طبیعی و زیست تخریب‌پذیر و/یا پلیمر/کامپوزیت توسط این دستگاه می‌تواند به نانوالیاف تبدیل شوند.



### ✓ نرم افزار مخصوص

- پارامترهای الکتروریسی علاوه بر اینکه با استفاده از صفحه ۴/۳ اینچی HMI قابل تنظیم هستند (میزان ولتاژ خروجی از طریق ولوم روی منبع تامین ولتاژ بالا قابل تنظیم است).

### ✓ برق ورودی دستگاه

- ۲۲۰ ولت، تک فاز، ۶۰-۵۰ هرتز - حداکثر ۶ آمپر

### ✓ پمپ سرنگی

- تعداد ۲ پمپ سرنگی در دو طرف درام
- تعداد سرنگ قابل نصب هر پمپ: حداکثر ۲ سرنگ و در مجموع ۴ سرنگ
- کنترل نرخ تزریق محلول پلیمری (از ۱  $\mu\text{l/hr}$  تا ۵۰۰  $\text{ml/hr}$ )
- دو حالت تزریق: تزریق ممتد یا تزریق به میزان حجم تعیین شده
- تزریق یکنواخت محلول با استفاده از درایور و موتور با دقت بالا
- تنظیم محل صفحه فشاردهنده سرنگ: امکان تنظیم سریع پدال در هر پمپ سرنگی با استفاده از دو کلید راست و چپ ( ) در منوی "Injection".

### ✓ سیستم روبش نازلها

- کنترل سرعت روبش (حرکت رفت و برگشت) نازل (۳۰۰۰-۰ میلی متر در دقیقه)
- کنترل نقطه شروع و پایان روبش (۲۵-۰ سانتی متر)
- حرکت مشابه دو پمپ در دو طرف درام

### ✓ جمع کننده (کالکتور)

- درام چرخان با سرعت چرخش قابل کنترل
- کنترل فاصله الکتروریسی (۲۰-۵ سانتی متر)
- سرعت چرخش: دور کم تا ۳۵۰ و دور بالا تا ۳۰۰۰ دور در دقیقه (توصیه می شود از سرعتهای بالاتر از ۲۵۰۰ دور در دقیقه استفاده نشود).

جنس: استیل

قطر: ۸ سانتی متر

- کالکتور صفحه ای از جنس آلومینیوم (قابل تعویض و سفارشی)
- کالکتور سیمی از جنس استیل (قابل تعویض و سفارشی)
- دارای ولتاژ منفی تا ۲۰- کیلوولت (سفارشی)

### ✓ منبع تامین اختلاف پتانسیل (ولتاژ بالا)

- دارای ۲ دستگاه تامین اختلاف پتانسیل ۳۵ کیلوولت مثبت
- نمایشگر دیجیتال ولتاژ با دقت ۰/۱ کیلوولت
- نمایشگر دیجیتال جریان مصرفی با دقت ۱ میکروآمپر (سفارشی)

### ✓ سیستم گرمایش

- کنترل دمای محیط الکتروریسی (دمای محیط تا ۴۵ درجه سانتی گراد) ✓ تهویه
- خروج حلال از محفظه توسط فن تهویه با امکان برنامه ریزی مدت کارکرد ✓ سیستم کنترل و پنل:
- استفاده از نمایشگر ۴/۳ اینچی HMI به همراه ۱۳ سوئیچ باعث کنترل آسان سیستم و نمایش کلیه اطلاعات ضروری عملکرد دستگاه شده است.
- تعبیه صفحه نمایش لمسی HMI موجب کاربری آسان دستگاه شده و به راحتی با لمس حداکثر چند کلید، دستگاه تنظیم شده و شروع به کار خواهد کرد. ✓ حافظه دائمی
- آخرین تنظیمات در حافظه دائمی دستگاه ذخیره خواهد شد. ✓ ایمنی
- دارای ۳ سوئیچ جهت قطع ولتاژ هنگام باز شدن درب های دستگاه ✓ محفظه
- فلزی با ۳ درب جهت دسترسی آسان به کلیه بخشهای دستگاه ✓ ابعاد
- ۹۶×۸۰×۱۳۱ سانتی متر (ارتفاع × عرض × طول) ✓ وزن
- حدود ۱۴۰ کیلوگرم

#### ۱-۲-۲- بسته تحویلی

- ✓ کابل پاور
- ✓ کابل ارت
- ✓ کاتالوگ و راهنمای دستگاه
- ✓ سرنگ در دو اندازه
- ✓ سوزن در دو گیج
- ✓ فیوز
- ✓ گیره سوسماری



✓ آچار آلن

✓ محلول پلیمری

### ۱-۲-۳- مزایای استفاده از دستگاه الکتروریس

فرآیند الکتروریسی شامل اعمال میدان الکتریکی به منظور کشیده شدن محلول بطور پیوسته از سوزن سرنگ به صفحه جمع کننده است. در الکتروریسی با استفاده از ولتاژ بالایی که به سیال پلیمری اعمال می شود، بارهایی در آن ها تولید خواهد شد. هنگامی که بارها در سیال به مقدار بحرانی می رسد، جت سیال در نوک سوزن تشکیل می شود. جت الکتروریسی شده به سمت صفحه جمع کننده حرکت می کند. مورفولوژی لیف مانند قطر آن و یکنواختی لیاف پلیمری الکتروریسی شده به پارامترهای زیادی بستگی دارد. در ادامه به بررسی بیشتر این پارامترها خواهیم پرداخت.

### ۱-۳- پارامترهای موثر در الکتروریسی پلیمرها

پارامترهایی که در اثر تبدیل محلولهای پلیمری به نانوالیاف از طریق الکتروریسی مؤثر هستند و مورفولوژی سطح نانوالیاف و قطر و سایر مشخصات آن را تحت تأثیر قرار می دهند می توان به سه دسته پارامترهای مرتبط با محلول پلیمری، پارامترهای فرایندی و پارامترهای محیطی تقسیم کرد. پارامترهای مرتبط با محلول پلیمری عبارتند از: ویسکوزیته، الاستیسیته، هدایت، کشش سطحی، غلظت، دمای محلول، ثابت دی الکتریک، فراریت حلال، دانسیته بار خالص، اثر افزایش نمک، وزن مولکولی پلیمر و ... از جمله پارامترهای فرایندی می توان به ولتاژ اعمال شده، پتانسیل الکتریکی در نوک لوله موئین، فاصله بین نوک لوله با صفحه جمع کننده، نوع صفحه جمع کننده، سرعت خروج محلول از نازل، سرعت چرخش جمع کننده، سرعت روبش نازل ها و ... اشاره کرد. پارامترهای محیطی شامل رطوبت، دمای محیط فرآیند، سرعت هوا در اتاقک الکتروریسی و فشار محیط و ... می باشند. توانایی لیف شدن انواع پلیمرها تحت تأثیر هر کدام از پارامترهای نامبرده قرار می گیرد به طوری که اگر شرایط بهینه ایجاد نشود هیچ نوع الیافی به دست نمی آید یا الیاف به دست آمده، مورفولوژی موردنظر را ندارد. پارامترهای مهم الکتروریسی در ادامه به طور مختصر بررسی می شوند:

### ۱-۳-۱- فاصله بین نوک نازل تا جمع کننده

فاصله بین نوک نازل تا هدف (وسیله جمع کننده) را فاصله کاری یا فاصله الکتروریسی می گویند که تنظیم این فاصله نیز نقش مهمی در تولید الیاف دارد. تغییر این فاصله روی مورفولوژی الیاف تشکیل شده مؤثر است. افزایش فاصله منجر به کاهش دانسیته بار در هر سانتی متر از میدان می گردد. تغییر فاصله اثر مستقیمی بر زمان پرواز

و استحکام میدان الکتریکی دارد. زمانی که این فاصله کاهش می‌یابد، زمان پرواز کمتر شده و استحکام میدان الکتریکی افزایش می‌یابد و این امر شتاب جت به سمت جمع کننده را نیز بیشتر می‌کند. با کاهش بیشتر فاصله، حلال اضافی در نقطه تماس الیاف به منظور ایجاد اتصالات منجر به ادغام آن‌ها می‌شود. در نتیجه این فرآیند، اتصالات لایه‌ای داخلی و خارجی تشکیل خواهد شد.

### ۱-۳-۲- قطر روزنه یا سوزن سرنگ

قطر داخلی سوزن یا روزنه سرنگ، اثر مشخصی روی فرآیند الکتروریسی دارد. قطر داخلی کوچکتر، مقدار دانه‌های روی الیاف را کاهش می‌دهد. زمانی که اندازه قطره در نوک روزنه کاهش می‌یابد، کشش سطحی قطره افزایش خواهد یافت. بنابراین نیروی بیشتری برای شروع فرآیند الکتروریسی مورد نیاز است. در نتیجه شتاب جت کاهش یافته و زمان بیشتری برای کشش محلول و گره خوردگی آن‌ها قبل از تجمع فراهم می‌شود. در هر حال اگر قطر روزنه خیلی کوچک باشد، امکان خروج یک قطره از نوک سوزن امکان پذیر نخواهد بود.

### ۱-۳-۳- سرعت جریان جت

عموماً زمان لازم برای حرکت محلول پلیمری (جت) از نازل به سمت جمع کننده و تشکیل الیاف جامد کمتر از یک دهم ثانیه است. طبق بررسی انجام شده بر روی محلول پلی استایرن (PS)، تغییر سرعت پمپ و از این رو سرعت جریان محلول بر روی اندازه الیاف و مورفولوژی سطح آن مؤثر است. از آنجایی که در این فرآیند، سرعت تزریق محلول باید بسیار آرام باشد معمولاً در مطالعات و تحقیقات از دستگاه پمپ سرنگی استفاده می‌شود.

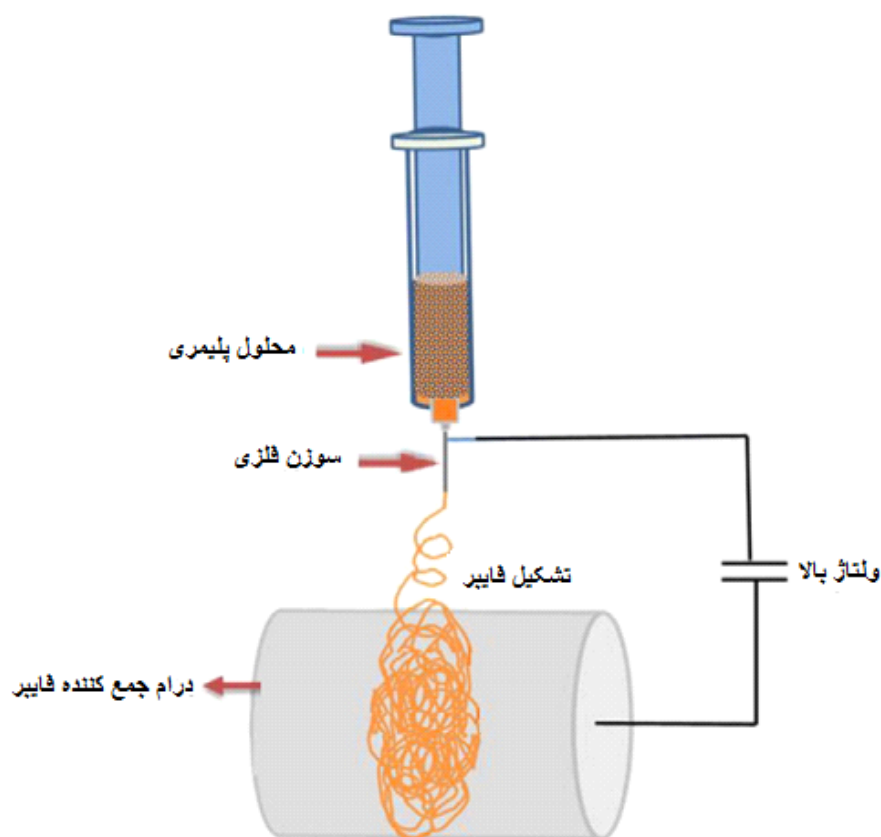
### ۱-۳-۴- تهیه نانوالیاف یکنواخت

به طور کلی برای اینکه بتوانیم یک نتیجه مطلوب و دلخواه را از فرآیند الکتروریسی به دست آوریم (نانوالیاف یکنواخت) هر کدام از این پارامترهای مهم را با در نظر گرفتن شرایط آزمایش و نوع محلول پلیمری باید بررسی کنیم و با تغییر دادن هر کدام از این پارامترها و سایر پارامترهایی که از اهمیت کمتری برخوردار هستند، بتوانیم شرایط آزمایش را بهینه کنیم. لازم به یادآوری است که هر کدام از این پارامترها برای هر آزمایشی متغیر بوده و برای هر آزمایش (محلول پلیمری) باید مقدار بهینه آنها را به دست آوریم.

### ۱-۳-۵- استفاده از جمع کننده چرخان

از جمله روشهای مناسب جهت یکنواختی نانوالیاف پلیمری استفاده از جمع کننده چرخان می‌باشد که در شکل به صورت شماتیک نشان داده شده است. از جمله مزایای این روش راحتی ساخت دستگاه، امکان دستیابی به

یکنواختی بالا و امکان تنظیم میزان آرایش نانوالیاف با تنظیم سرعت چرخش درام می‌باشد. البته در کنار این موضوع، معایب آن نیز بایستی مورد توجه قرار گیرد که مهمترین آنها عدم امکان پوشش‌دهی به صورت پیوسته است. از جمله معایب دیگر این روش، امکان پارگی نانوالیاف در سرعت چرخش بالا می‌باشد که باعث محدودیت سرعت چرخش می‌گردد. بنابراین سرعت چرخش درام از جمله مهمترین پارامترها در این روش می‌باشد.



شکل ۱-۳- نمای شماتیک از فرآیند الکتروریسی.

در بیشتر سیستم‌های الکتروریسی، صفحه جمع‌کننده به منظور تشکیل میدان الکترواستاتیکی از مواد رسانا مانند ورقه نازک آلومینیومی تشکیل شده است.

در مواردی که مواد رسانا به عنوان جمع‌کننده استفاده می‌شوند، بارهای روی جت الکتروریسی به سرعت روی جمع‌کننده تجمع خواهند یافت. الیافی که روی ماده رسانا جمع می‌شوند، اغلب تراکم کمتری در مقایسه با آنهایی که روی سطح هادی تجمع می‌یابند، دارند. این پدیده به علت نیروی دافعه بارهای تجمع یافته روی جمع‌کننده است. در هر حال حتی در جمع‌کننده‌های رسانا، وقتی که نرخ رسوب‌دهی بیشتر می‌شود و وب الیاف به اندازه کافی ضخیم می‌شود، مقدار زیادی از بارهای باقیمانده روی وب الیاف به علت رسانا بودن نانوالیاف پلیمری،

تجمع خواهند یافت. این امر منجر به ایجاد فرورفتگی‌هایی روی وب الیاف می‌شود. آزمایش‌ها نشان می‌دهند که در جمع‌کننده‌های متخلخل مانند توری فلزات یا کاغذ، تراکم الیاف نسبت به ورقه‌های نازک همواره کمتر است. همچنین جمع‌کننده‌های چرخشی برای تولید الیاف منظم مفید هستند. این جمع‌کننده‌ها به فرآیند خشک کردن الیاف کمک می‌کند.

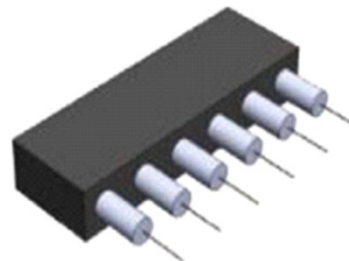
### ۱-۳-۶- استفاده از چند نازل

در روش الکتروریسی امکان استفاده از چند نازل به جای یک نازل وجود دارد که باعث کاهش قابل توجه زمان تولید نانوالیاف می‌گردد. باید توجه شود که طرز چیدمان نازل‌ها در این روش بسیار مهم می‌باشد و نازل‌ها بایستی به نحوی مرتب شوند که با همدیگر برهمکنش نداشته باشند. علاوه بر این، کنترل سرعت باید به نحوی انجام گیرد که سرعت تزریق محلول در تمام نازل‌ها یکسان باشد. به همین دلیل، جهت بهینه‌سازی اولیه پارامترها، استفاده از یک نازل ترجیح داده می‌شود تا اثر برهمکنش جت‌های پلیمری بر هم از بین برود.

#### A) انواع سوزن تک نازله



#### B) سوزن چند نازله



شکل ۱-۴- انواع نازلها با قطرهای داخلی مختلف قابل استفاده در دستگاه الکتروریس.

### ۱-۳-۷- اثر روبش نازل

برای دستیابی به وب یکنواخت، لازم است نازل یا نازل‌ها نیز حرکت رفت و برگشت یکنواختی داشته باشند تا از انباشتگی نانوالیاف در یک منطقه از درام جلوگیری گردد. میزان سرعت رفت و برگشت نازل نیز تاثیر زیادی بر نحوه آرایش نانوالیاف و خواص وب تولیدی خواهد داشت. بنابراین بررسی میزان تاثیر سرعت نازل بر خواص نانوالیاف و بهینه‌سازی آن باید مورد توجه قرار گیرد.

### ۱-۳-۸- تشکیل نانوالیاف روی جمع کننده

زمانی که بین نازل و درام به عنوان جمع کننده میدان الکتریکی اعمال می گردد، فرآیند الکتروریسی انجام می شود. قطره تشکیل شده در نوک نازل به وسیله میدان الکتریکی اعمال شده به شکل مخروط تبدیل می شود. وقتی که ولتاژ اعمال شده به مقدار حد آستانه می رسد، نیروی الکترواستاتیکی در سطح مخروط بر کشش سطحی قطره غلبه کرده و یک جت از مخروط پرتاب خواهد شد. این مخروط، مخروط تیلور (Taylor) نامیده می شود که برای سیستم های پلیمر-حلال معین، انشعاب جت به رشته های یکنواخت قابل مشاهده است. سپس جت به درام جمع کننده برخورد کرده و روی آن انباشته می شود.

### ۱-۳-۹- ولتاژ

افزایش ولتاژ باعث می شود که نرخ انتقال محلول، از مقدار معینی که برای حفظ شکل مخروطی از نوک مویینه مورد نیاز است، تجاوز کند. این تغییر تعادل جرمی، جت های ناپایداری را تولید می کند. تراکم دانه با افزایش ناپایداری جت در نوک الکتروریس افزایش می یابد. بنابراین می توان با کنترل نرخ جریان محلول از نوک سوزن، حداقل تعداد دانه را تولید کرد.

زمانی که محلول با ویسکوزیته کمتر مورد استفاده قرار می گیرد، ولتاژ بالا برای تشکیل جت های ثانویه به منظور کاهش قطر الیاف در طول الکتروریسی مطلوب می شود. همچنین در یک ولتاژ پایین تر، با کاهش یافتن شتاب جت و ضعیف تر شدن میدان الکتریکی، زمان پرواز جت الکتروریسی شده افزایش می یابد که برای تشکیل الیاف کوچک تر مطلوب است. بنابراین ولتاژ نزدیک به ولتاژ بحرانی می تواند برای دستیابی به الیاف نازک تر مناسب باشد.

### ۱-۳-۱۰- دما

دمای محلول بر افزایش نرخ تبخیر و کاهش ویسکوزیته محلول پلیمر تاثیر گذار است. همچنین افزایش قابلیت تحرک مولکول پلیمر با افزایش دما منجر به کشش بیشتر محلول می شود. در نمونه ای از تحقیقات انجام گرفته الیاف اتیل سلولز در دمای ۲۲ درجه سانتیگراد کمترین قطر را خواهد داشت. در دمای کمتر از آن، سرعت تبخیر حلال نیز کم می باشد و نمی تواند به صورت کامل در هنگام انتقال جت محلول پایدار به صفحه جمع کننده، تبخیر شود. همچنین جت محلول در جمع کننده لخته می شود و این امر منجر به افزایش قطر الیاف و گسترش توزیع قطر می شود. وقتی دما بیشتر شود، سرعت حلال بیشتر شده و جت محلول پایدار زمان کمتری را برای کشیده شدن در طول پرواز جت به علت تبخیر سریع حلال های سطحی دارد. در نهایت قطر الیاف بیشتر و توزیع آن گسترده تر خواهد شد.

➤ در جدول زیر تعدادی از پلیمرهای مورد استفاده در الکتروریسی را مشاهده می کنید.

نوع پلیمر	حلال
پلی اورتان	THF و DMF
پلی بنزیمیدازول	DMAC همراه با additive
پلی کربنات	DMF
پلی اکریلونیتریل	THF و DMF
پلی وینیل الکل	Water
پلی لاکتیک اسید	DMF
پلی اتیلن اکسید	DCM
نایلون ۶۶ و نایلون ۶	Formic acid
پلی وینیل کلراید	THF
کوپلیمر پلی لاکتیک - گلیکولیک اسید	DMF/Aceone

#### ۱-۴- گارانتی و خدمات پس از فروش

گارانتی دستگاه‌های تحویلی، شامل یک سال گارانتی و پنج سال خدمات پس از فروش است.

## فصل ۲- ایمنی

### ۲-۱- خطر برق گرفتگی

استفاده نادرست از دستگاه تامین اختلاف پتانسیل می تواند خطر برق گرفتگی و مرگ داشته باشد. قبل از شروع کار با دستگاه تامین اختلاف پتانسیل کلیه تمهیدات ایمنی در نظر گرفته شود. کلیه اتصالات، به خصوص سیستم ارت را بررسی نموده و از صحت آنها مطمئن شوید. دستگاه الکتروریس با سیستم ولتاژ بالا در حدود ۳۵ کیلوولت کار می کند که این ولتاژ می تواند از چند سانتی متری به هر نقطه رسانایی از جمله بدن انسان تخلیه شود، بنابراین در صورت روشن بودن منبع ولتاژ بالا هرگز درب دستگاه را باز ننمایید و هرگز کابل ولتاژ بالا را به غیر از نازل به محل دیگری متصل نکنید. از اتصال مطمئن و محکم کابل به نازل مطمئن شوید تا هنگام کار و روبش از نازلها جدا نشود.

### رعایت نکات ایمنی برای شما و همکارانتان از مسوولیت های شماست.

### ۲-۲- خطر پاشیدن محلول های پلیمری

محلول داخل سرنگ (به خصوص هنگام استفاده از سرنازلهای با قطر کم) تحت فشار می باشد، که می تواند منجر به خروج نازل از محل اتصال به نازل و پاشیدن محلول پلیمری به اطراف شود. در هنگام استفاده جهت جلوگیری از پاشیده شدن محلول پلیمری به صورت، حتماً درب های دستگاه بسته باشد یا در غیر این صورت از عینک و محافظ صورت استفاده نمایید.

### فصل ۳- نصب و راه‌اندازی

#### ۳-۱- نصب فیزیکی دستگاه

لطفا قبل از نصب فیزیکی دستگاه، دفترچه راهنما را به دقت مطالعه فرمایید. قبل از نصب دستگاه باید توجه داشته باشید که محیط مناسب برای کار با دستگاه الکتروریسی، باید دارای شرایط زیر باشد:

۱- سطح محکم، تمیز و خشک

۲- شرایط مناسب زیست محیطی

۳- تهویه مناسب

مراحل نصب دستگاه به صورت زیر است:

۱- اتصال کابل پاور به پریز برق و ورودی برق دستگاه

۲- اتصال کابل ارت

۳- روشن کردن دستگاه با استفاده از کلید قطع کننده مدار مینیاتوری (MCB) تعبیه شده در پشت دستگاه

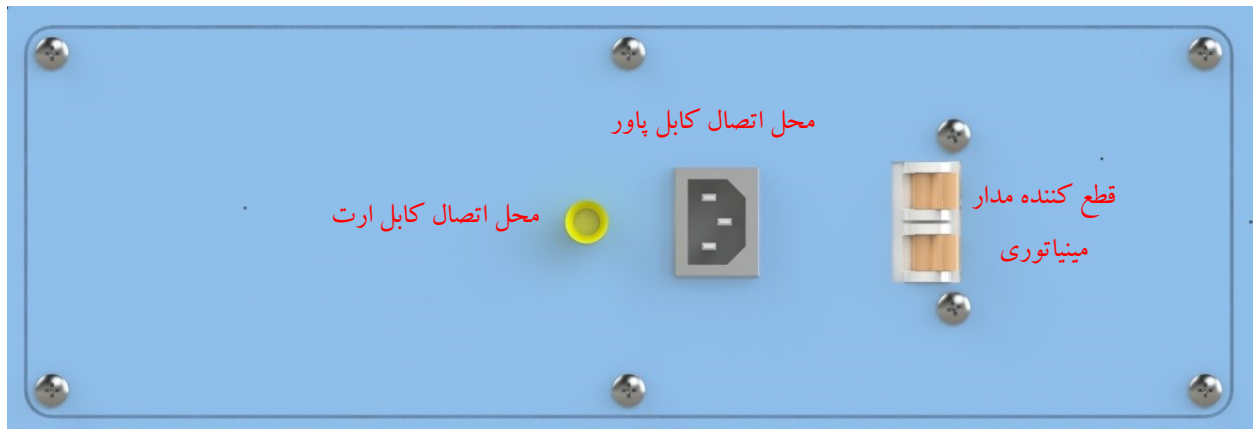
۴- روشن کردن دستگاه با استفاده از کلید مشکی سمت راست دستگاه

۵- روشن کردن صفحه HMI با استفاده از کلید On/Off که در سمت راست صفحه HMI و روی پنل دستگاه قرار دارد.

#### ۳-۲- راه‌اندازی دستگاه

ابتدا کابل را به پشت دستگاه متصل نمایید. جهت روشن شدن دستگاه لازم است کلید قطع کننده مدار مینیاتوری (MCB) پشت دستگاه در حالت On قرار گیرد. سپس کلید بخش کنترل دستگاه (سمت راست) باید در حالت On قرار گیرد. صفحه HMI با فشردن کلید On/Off که در سمت راست صفحه قرار دارد، روشن می‌شود.

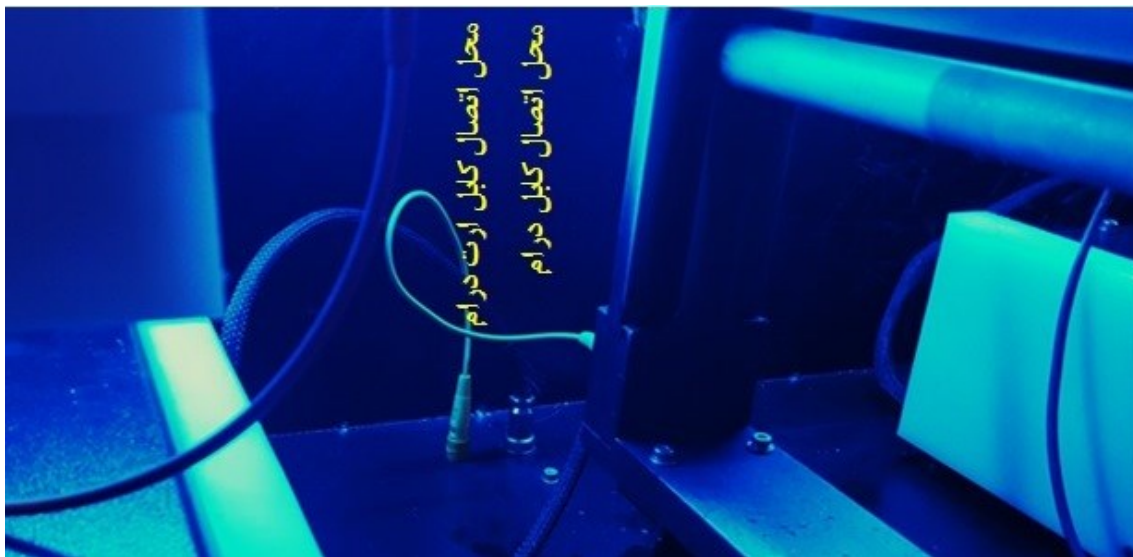




شکل ۳-۱- نمای پشت دستگاه الکتروریس دو پمپ.

### توجه: بررسی سیم ارت متصل به درام

قبل از شروع فرآیند الکتروریسی، سیم ارت درام باید به درستی متصل شود.



شکل ۳-۲- نحوه اتصال کابل‌های درام کالکتور.

### هشدار

در صورتی که سیستم دمایی با مشکل مواجه گردد، باید فیوز سیستم گرمکن پشت دستگاه بررسی شود.

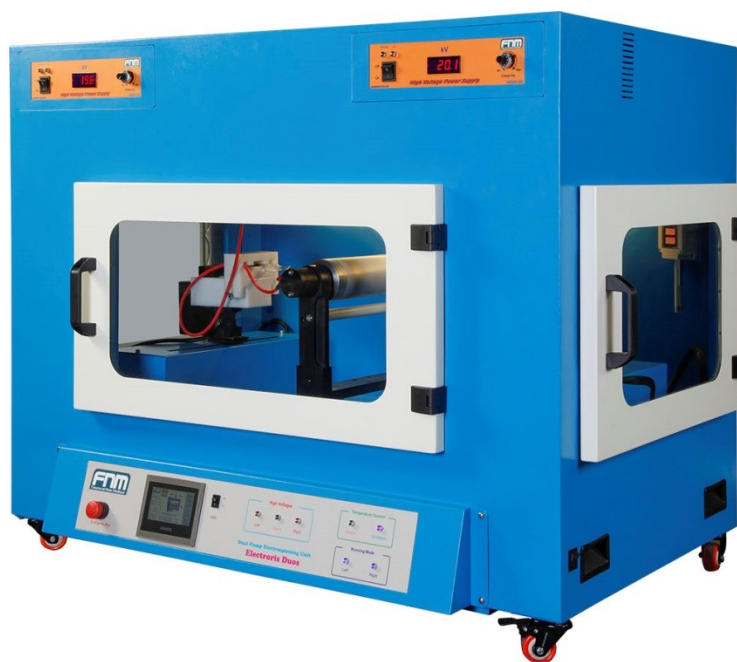
### هشدار

فیوز ورودی برق سیستم کنترل پنل در داخل کلید اصلی تعبیه شده است، در صورتی که ورودی برق سیستم دچار مشکل شود باید فیوز این قسمت بررسی شود.

## فصل ۴- عملکرد دستگاه

### ۴-۱- سیستم کلی دستگاه الکتروریس

همان طور که از سیستم الکتروریسی در شکل زیر مشخص است چهار مجموعه در این دستگاه حائز اهمیت است که عبارتند از: سیستم تزریق محلول، سیستم تامین اختلاف پتانسیل (ولتاژ) بالا، سیستم جمع کننده نانوالیاف (کالکتور) و سیستم نازل.



شکل ۴-۱- نمای کلی دستگاه الکتروریس دو پمپ: سیستم ولتاژ بالا (۲ عدد)، درام جمع کننده، بخش کنترل، پمپ سرنگی (۲ عدد).

### ۴-۱-۱- سیستم تزریق محلول

از آنجا که در این فرایند، سرعت تزریق محلول باید بسیار آرام باشد معمولاً در مطالعات و تحقیقات از دستگاه پمپ سرنگی استفاده می شود؛ سیستم به کار رفته در این دستگاه پمپ سرنگی محصول شرکت فناوران نانومقیاس است که می تواند با دقت ۱ میکرولیتر بر ساعت تزریق محلول انجام دهد. از آنجا که سرعت تزریق در فرایند الکتروریسی مهم است صحت و دقت آزمایشات را از این نظر تضمین خواهد کرد. این دستگاه دارای دو پمپ تزریق مستقل می باشد. در این مدل در دو طرف درام دو سیستم تزریق محلول شامل پمپ سرنگی، سیستم روبش نازلها، سیستم تنظیم فاصله و منبع تامین ولتاژ بالا (قابل کنترل از صفر تا ۳۵ کیلو ولت) وجود دارد. در این دستگاه نانوالیاف از ۲ طرف درام روی هم انباشته می شوند. بنابراین امکان تهیه نانوالیاف از جنس های مختلف میسر

خواهد بود. همچنین می توان در یک طرف نانوالیاف و در طرف مقابل نانوذرات و یا مواد افزودنی را به آنها اضافه کرد. بنابراین مدل ۲ پمپ برای کاربردهای پزشکی، دارویی و بیولوژیکی بسیار مناسب خواهد بود. با توجه به سرعت بالای چرخش درام تولید نانوالیاف آرایش یافته و موازی به خصوص با استفاده از درام جمع کن سیمی میسر است.

#### ۴-۱-۲- سیستم تامین اختلاف پتانسیل (ولتاژ) بالا

در این دستگاه از دو منبع تامین ولتاژ بالا (High Voltage Power Supply) با حداکثر ولتاژ ۳۵ کیلوولت، ساخت شرکت فناوری نانو مقیاس استفاده شده است. بیشتر پژوهش های الکتروریسی در ولتاژ زیر ۳۵ کیلوولت انجام می گیرد، بنابراین جهت جلوگیری از افزایش بی دلیل هزینه ساخت دستگاه الکتروریس، این سیستم جهت به کارگیری در دستگاه انتخاب شده است. (در موارد خاص امکان طراحی سیستم ولتاژ بالا به میزان مورد نیاز کاربر وجود دارد.)

#### ۴-۱-۳- سیستم جمع کننده نانوالیاف (کالتور)

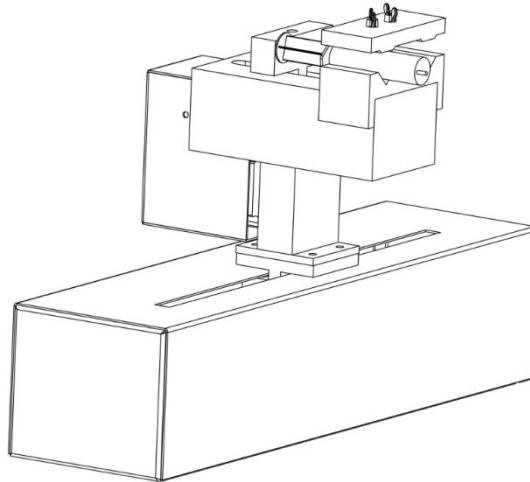
سیستم جمع کننده در این آزمایشات یک درام استیل با قطر ۸ و طول ۳۰ سانتی متر می باشد که به زمین متصل شده است. در صورت استفاده از فویل آلومینیم، باید فویل با دقت بالا و به صورت صاف بر روی درام قرار گیرد تا میدان یکنواختی بین نازل و جمع کننده برقرار گردد. همچنین عدم اتصال مناسب فویل می تواند باعث جدا شدن آن و برخورد به نازل دارای ولتاژ بالا گردد. بنابراین فویل بایستی طوری به درام چسبانده شود که در دوره های بالای درام، از آن جدا نشود. درام به موتور با امکان تنظیم دور متصل گردیده است که قادر است آن را با سرعت دلخواه بچرخاند. جهت تولید نانوالیاف موازی بایستی از سرعت چرخش درام بالاتر از ۲۰۰۰ دور در دقیقه استفاده نمود ولی استفاده از درام سیمی سرعت بالا می تواند نتایج بهتری را حاصل نماید. این دستگاه به نحوی طراحی شده است که امکان تعویض درام به راحتی برای کاربر مهیا باشد و به راحتی می توان انواع جمع کننده از قبیل صفحه ثابت، درام چرخان سیلندری، درام چرخان سیمی (جهت الیاف موازی) و یا درام دیسکی را در آن نصب کرد.

#### ۴-۱-۴- سیستم تنظیم فاصله الکتروریسی

در دستگاه الکتروریس فاصله الکتروریسی (فاصله نوک نازل تا صفحه جمع کننده) به راحتی توسط HMI قابل کنترل است. این فاصله معمولاً بین ۵ تا ۲۰ سانتی متر می باشد که با توجه به ولتاژ اعمال شده، غلظت محلول، کشش سطحی و ... مقدار بهینه آن متغیر است.

#### ۴-۱-۵- سیستم روبش نازل‌ها

همان‌طور که گفته شد، برای دستیابی به وب یکنواخت، لازم است نازل یا نازل‌ها حرکت رفت و برگشت یکنواختی داشته باشند تا از انباشتگی نانوالیاف در یک منطقه از درام جلوگیری گردد. در این دستگاه امکان روبش هر نقطه از درام از ۰ تا ۲۵ سانتی متر با سرعت دلخواه میسر شده است. جهت عدم حرکت نازل کافی است ابتدا و انتهای نقطه اسکن یک عدد ثابت وارد شود، در آن صورت نازل به نقطه مورد نظر رفته و بی حرکت خواهد ماند.



شکل ۴-۲- نمایی از سیستم اسکن و پمپ سرنگی الکتروریس.

#### ۴-۱-۶- سیستم کنترل دمای محفظه

در برخی کاربردها نیازمند آن هستیم که محفظه دمای خاصی داشته باشد تا عملیات پوشش دهی نانوالیاف به خوبی انجام شود. به این منظور در این دستگاه یک سیستم گرمایش تعبیه شده است که می‌تواند دمای محیط الکتروریسی را تا ۴۵ درجه سانتی گراد کنترل نماید.

#### ۴-۲- واسط فیزیکی

واسط فیزیکی این دستگاه شامل پنل و صفحه HMI است که به وسیله آن ارتباط کاربر با برخی از بخش‌های دستگاه، میسر می‌شود.

#### ۴-۲-۱- پنل دستگاه

پنل دستگاه الکتروریس دو پمپ PLC، در شکل زیر نشان داده شده است. این پنل دارای صفحه HMI، یک کلید On/Off برای خاموش/ روشن کردن HMI و کلید توقف اضطراری (که در صورت اختلال در عملکرد

دستگاه باید فشرده شده تا دستگاه مجدداً راه‌اندازی شود) می‌باشد. همچنین ۷ چراغ LED بر روی پنل تعبیه شده که می‌توان آنها را به ۳ دسته زیر تقسیم نمود:

(۱) High Voltages:

Right: روشن بودن این چراغ نشان دهنده فعالیت منبع تامین ولتاژ بالای (HV) سمت راست است.  
Doors: در صورت باز بودن هر یک از دربهای دستگاه، این چراغ روشن شده و فعالیت منبع تامین ولتاژ بالا متوقف می‌شود.

Left: روشن بودن این چراغ نشان دهنده فعالیت منبع تامین ولتاژ سمت چپ است.

(۲) Temperature Control:

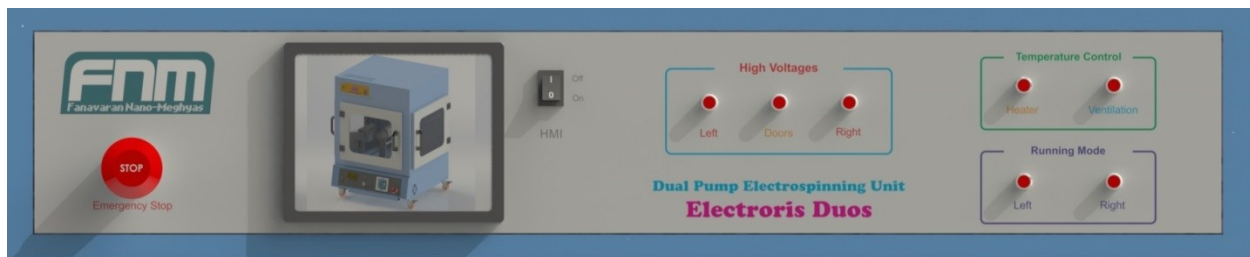
Heater: در صورت روشن شدن هیتر دستگاه، این چراغ روشن شده و پس از رسیدن به دمای تنظیم شده (دمایی که از طریق HMI تنظیم می‌شود) خاموش می‌شود.

Ventilation: در صورت روشن شدن فن تهویه، این چراغ روشن شده و بخارات حلال را از داخل دستگاه به خارج هدایت می‌کند.

(۳) Running Mode:

Right: روشن شدن این چراغ نشان دهنده فعالیت پمپ سرنگی سمت راست است.

Left: روشن شدن این چراغ نشان دهنده فعالیت پمپ سرنگی سمت چپ است.

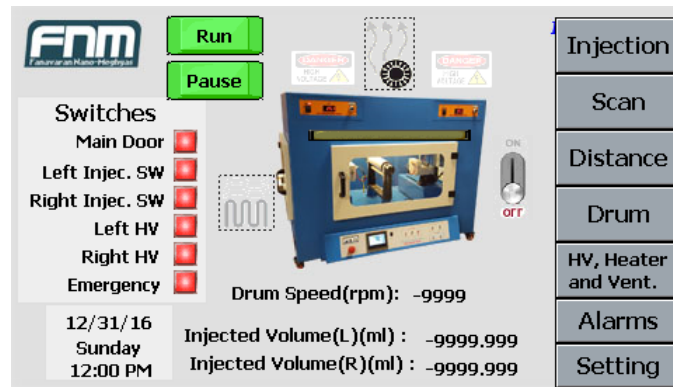


شکل ۴-۳- پنل دستگاه الکتروریس دوپمپ.

#### ۴-۲-۲- صفحه نمایشگر

صفحه نمایش دستگاه الکتروریس دو پمپ PLC، یک نمایشگر ۴/۳ اینچی با وضوح ۴۸۰×۲۷۲ پیکسل

می‌باشد. هنگام روشن کردن دستگاه صفحه زیر (Home Page) نمایش داده می‌شود:



شکل ۴-۴- صفحه اصلی HMI.



Home Page شامل منوهای تنظیم پارامترهای فرآیند الکتروریسی (مانند پارامترهای تزریق محلول، روبش پمپ سرنگی، ولتاژ، فاصله الکتروریسی و ...) در سمت راست، کلیدهای Run و Pause، سرعت درام، مقدار محلول تزریق شده، زمان سپری شده و زمان باقیمانده از فرآیند الکتروریسی در مرکز صفحه و نشانگر سویچهای مختلف دستگاه در سمت چپ می‌باشد.

با ورود به هر یک از منوها می‌توان پارامتر مربوطه را تنظیم کرد. در مقابل هر یک از پارامترهای قابل تنظیم کادری مستطیلی شکل قرار دارد که با انتخاب آن یک صفحه کلید مجازی باز شده و می‌توان کمیت مورد نظر را وارد نمود. بازه مجاز برای ورود هر کمیت در قسمت بالای صفحه کلید مجازی نشان داده شده است و در صورت ورود کمیتها در خارج از محدوده تعیین شده عبارت "Error!" نمایش داده می‌شود. انتخاب گزینه Home Page در هر منو، منجر به بازگشت به صفحه اصلی می‌شود.

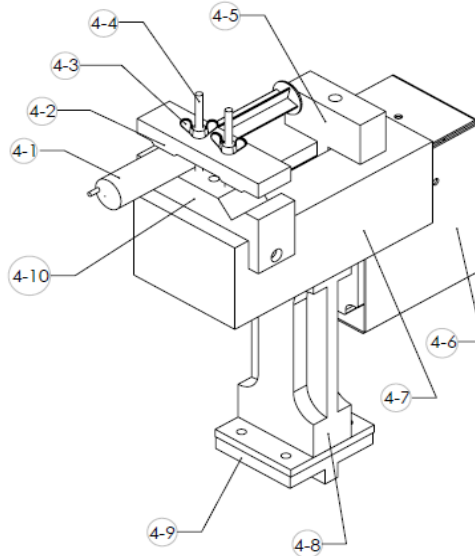
دستگاه دارای سه وضعیت مختلف است:

- Stop: دستگاه به طور کامل متوقف می‌باشد و با شروع مجدد دستگاه، اجزاء راه‌اندازی مجدد می‌شوند.
- Run: دستگاه در حال کارکرد می‌باشد.
- Pause: دستگاه در حالت توقف موقت می‌باشد و با شروع مجدد دستگاه، اجزاء از حالت متوقف شده شروع به کار می‌کند.

#### ۴-۳- پمپ سرنگی

در این سیستم امکان استقرار یک یا دو سرنگ در هر پمپ در نظر گرفته شده است. جهت قرار دادن سرنگها، ابتدا بایستی با گزینه   فک متحرک پمپ سرنگی را نسبت به انتهای پیستون سرنگ تنظیم نمود.

پیچ‌های نگهدارنده سرنگ‌ها جهت ثابت ماندن سرنگ‌ها در این محل قرار داده شده است که جهت تعویض سرنگ‌ها، پیچ‌های نگهدارنده بایستی باز شده و پس از تعویض مجدداً بسته شوند.

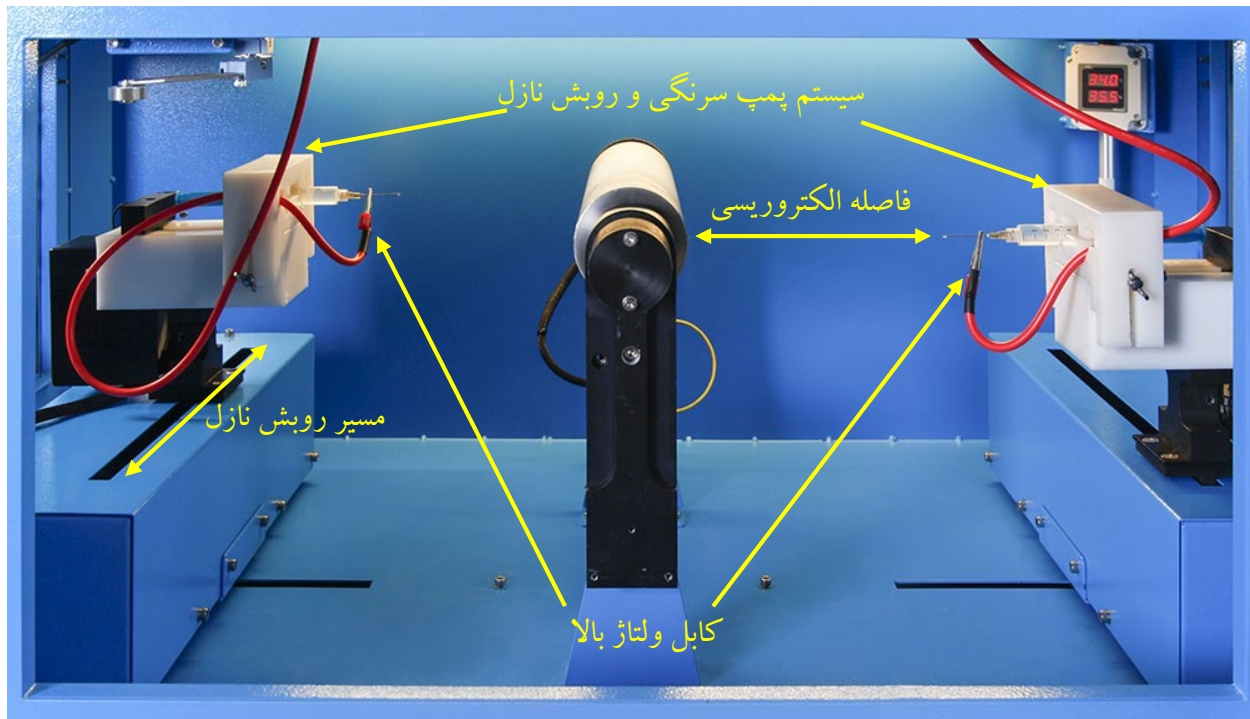


۷-۴ بدنه عایق پمپ  
۸-۴ پایه پمپ  
۹-۴ پایه اتصال پمپ به دستگاه

۴-۴ پیچ نگهدارنده سرنگ  
۵-۴ پدال فشردن سرنگ  
۶-۴ موتور دستگاه

۱-۴ سرنگ  
۲-۴ نگهدارنده سرنگ  
۳-۴ مهره نگهدارنده سرنگ

شکل ۴-۵- اجزای تشکیل دهنده پمپ سرنگی.



شکل ۴-۶- نمایشی از داخل دستگاه الکتروریس دو پمپ.

**توجه:** پس از پایان کار لازم است داخل نازلها و محل اتصال سرنگ با نازلها به طور کامل تمیز شده و سیم نازکی داخل آن قرار داده شود تا از خشک شدن پلیمر و گرفتگی آنها جلوگیری گردد.

**توجه:** سرنگهای پلاستیکی مقاومت کافی جهت جلوگیری از عبور برق ولتاژ بالا به خصوص در زمان استفاده از ولتاژ بسیار بالا (بالا تر از ۲۵ کیلوولت) را ندارند، به همین دلیل بهتر است کیسه پلاستیکی خشک دور سرنگ پیچانده شود و روی محل نگهدارنده قرار داده شود.

با انتخاب منوی **Injection** کلیه تنظیمات مربوط به پمپهای سرنگی (سمت چپ و راست) نمایش داده می شود. قطر داخلی سرنگ در قسمت **Diameter(mm)** وارد شده و ریزپردازنده داخلی، سطح مقطع سرنگ را محاسبه کرده و پمپ را برای سرنگ کالیبره می کند. نرخ تغذیه محلول که نشان دهنده میزان حجم محلول خارج شده از نازل در واحد زمان است در مقابل گزینه **Rate(ml/h)** و حجم مورد نظر تزریق محلول پلیمری در مقابل **Target(ml)** وارد می شود. با رسیدن حجم محلول تزریق شده به مقدار نهایی (Target) فعالیت دستگاه متوقف می شود. **Injected Volume(ml)** : حجم محلول تزریق شده را نشان می دهد. در صورتی که مقادیر وارد شده برای نرخ جریان محلول و حجم نهایی تزریق محلول، خارج از محدوده مجاز باشد، کاربر با پیغام خطا (Error!) مواجه می شود.



غیرفعال کردن هر یک از واحدهای الکتروریسی به وسیله گزینه **Disable** (در قسمت بالای منوی Injection) امکان پذیر است.



شکل ۴-۷- منوی Injection.

#### ۴-۳-۱- حداقل و حداکثر سرعت تزریق

میزان حداکثر و حداقل سرعت با توجه به قطر سرنگ انتخاب شده می تواند کم یا زیاد شود (حداکثر: ml/h ۵۰۰، حداقل: ۱ μl/hr). پیشنهاد می شود جهت افزایش دقت تزریق در سرعتهای کمتر از ۱۰ میلی لیتر در ساعت از سرنگ ۵ میلی لیتری و برای سرعتهای کمتر از ۱ میلی لیتر در ساعت از سرنگ ۲ میلی لیتری یا کوچکتر استفاده شود. برای سرعتهای بالاتر نیز بایستی از سرنگهای بزرگتر از ۵ میلی لیتری استفاده شود. در صورتی که مقدار وارد شده برای قطر سرنگ کمتر از مقداری متناظر با سرعت تزریق انتخاب شده باشد پیغام "Error!" نمایش داده می شود.

#### ۴-۳-۲- صفر نمودن میزان محلول تزریق شده

برای انجام این کار لازم است گزینه "Stop" در صفحه اصلی فشرده شود. با فشردن مجدد گزینه "Run" مقدار محلول تزریق شده صفر می شود.

#### ۴-۳-۳- اتمام محلول

در صورت رسیدن پدال فشار دهنده سرنگ به انتها، جهت جلوگیری از آسیب به موتور و پیچ، سویچ نصب شده بر روی پمپ سرنگی عمل کرده و موجب قطع عملکرد دستگاه شده در این صورت لازم است توسط کلیدهای تنظیم موقعیت (⊕ ⊖) پدال پایین آورده شده و سرنگ تعویض شود.

**توجه:** با توجه به اینکه ابعاد سرنگهای مختلف با هم متفاوت است و به همین دلیل تعیین نقطه پایان تزریق به صورت خودکار توسط دستگاه بسیار دشوار است، پیشنهاد می شود حداکثر تزریق در میزان حجم محلول داخل

سرنگ تنظیم گردد. به عنوان مثال اگر سرنگ حاوی ۲ میلی لیتر محلول است، حداکثر حجم تزریق در مقدار ۲ تنظیم گردد تا در صورت اتمام محلول دستگاه به صورت خودکار متوقف شود.

**نکته:** قطر داخلی سرنگ (بر حسب میلی متر)؛ در صورت تغییر سرنگ بایستی ابتدا قطر داخلی آن توسط کولیس یا دیگر وسایل اندازه گیری مشخص شده و در سیستم اعمال گردد. با توجه به اینکه این پارامتر در محاسبات مختلف تنظیم سرعت تزریق تاثیر زیادی دارد، لازم است مقدار آن به صورت دقیق اندازه گیری شده و وارد سیستم شود.

#### ۴-۳-۴- محاسبات انتخاب سرعت مناسب به نسبت ابعاد سرنگ انتخابی

جهت افزایش دقت تزریق پیشنهاد می گردد برای هر سرعت مورد نظر از سرنگ با ابعاد مناسب استفاده گردد تا حداکثر دقت پمپ حاصل شود.

**توضیح:** بازه مورد پذیرش دستگاه جهت تزریق بدون خطا بیش از این مقادیر می باشد.

$$\text{Min Rate (Microliter/hour)} = 0.5 * \text{Syringe diameter (mm)}^2$$

$$\text{Max Rate (Mililiter/hour)} = 0.80 * \text{Syringe diameter (mm)}^2$$

#### مثال:



سرنگ با قطر ۱۰ میلی متر

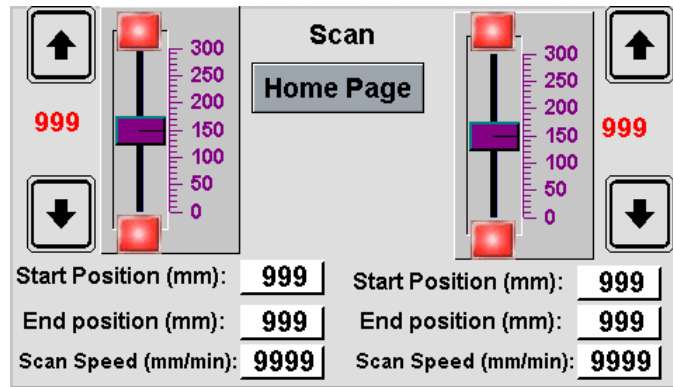
حداقل سرعت: ۵۰ میکرولیتر در ساعت

حداکثر سرعت: ۸۰ میلی لیتر در ساعت

#### ۴-۴- سیستم روبش نازلها

دستگاه الکتروریس دو پمپ دارای ۲ پمپ سرنگی است که در هر یک از آنها می توان از ۱ یا ۲ عدد سرنگ استفاده نمود. استفاده از دو سرنگ در هر پمپ منجر به افزایش میزان نانوالیاف تولید شده خواهد شد، با این حال برهمکنش جت های پلیمری تشکیل شده در نوک نازلها به دلیل بار یکسان آنها می تواند باعث ایجاد تغییرات غیر قابل پیش بینی در مورفولوژی، نحوه چینش و ابعاد نانوالیاف شود.

با انتخاب گزینه **Scan** (در Home Page) منوی Scan به نمایش در آمده و تنظیمات مربوط به روبش هر یک از پمپهای سرنگی (نقطه آغاز، پایان و سرعت روبش) را در این منو می توان تغییر داد. به منظور جابه جایی Manual (دستی) واحدهای الکتروریسی سمت راست و چپ در راستای مسیر روبش، از کلیدهای  و  به ترتیب در سمت راست و چپ منوی **Scan** استفاده می شود.



شکل ۴-۸- منوی Scan.

**Scan Speed:** سرعت روبش (بر حسب میلی متر در دقیقه)

**مثال ۱:** Start Position = 100 mm; End Position = 250 mm; Scan Speed = 500 mm/min  
تنظیم مقادیر طبق لیست بالا باعث خواهد شد نازلها از نقطه ۱۰۰ میلیمتری تا نقطه ۲۵۰ میلیمتری را با سرعت ۵۰۰ میلیمتر در دقیقه به طور مداوم اسکن نمایند.

**مثال ۲:** Start Position = 150 mm; End Position = 150 mm; Scan Speed = 0 mm/min

تنظیم مقادیر طبق لیست بالا باعث خواهد شد نازلها در نقطه ۱۵۰ میلیمتری مستقر شده و ثابت بمانند.

**Start Position:** نقطه شروع اسکن (بر حسب میلی متر)؛ جهت تنظیم نقطه ابتدای اسکن

**توضیح:** این نقطه نمی تواند بیشتر از نقطه پایان تعریف شود.

**End Position:** نقطه پایان اسکن (بر حسب میلی متر)؛ تنظیم نقطه انتهای اسکن که حد اکثر ۲۶۰ میلی متر

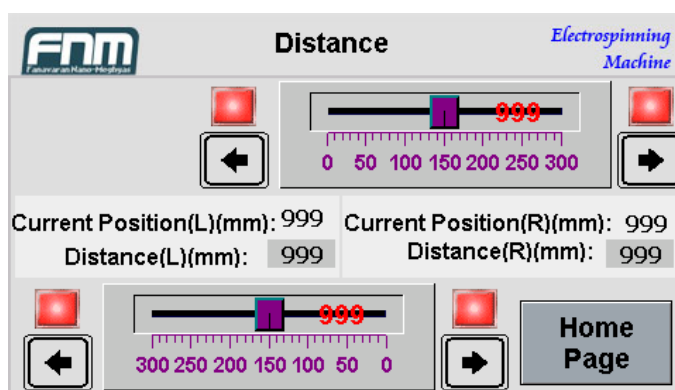
می باشد.

**توضیح:** این نقطه نمی تواند کمتر از نقطه شروع تعریف شود.

#### ۴-۵- سیستم تنظیم فاصله الکتروریسی

فاصله الکتروریسی (Distance)، فاصله نوک نازل‌ها تا سطح درام می‌باشد. این فاصله با توجه به تنوع طول نازل‌های مختلف می‌تواند کمتر یا بیشتر از مقدار پیش‌فرض دستگاه باشد که لازم است این مقدار توسط کاربر دستگاه در نظر گرفته شده و تصحیح گردد.

با فشردن کلید **Distance** در Home Page صفحه زیر به نمایش در می‌آید.



شکل ۴-۹- منوی Distance.

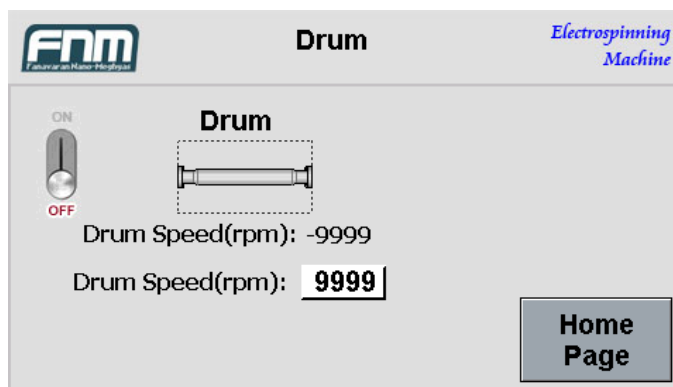
جهت تنظیم فاصله الکتروریسی (فاصله هر یک از پمپ‌های سرنگی نسبت به کالکتور)، می‌توان در قسمت **Distance(L)(mm):** فاصله پمپ سرنگی سمت چپ با کالکتور و در قسمت **Distance(R)(mm):** فاصله پمپ سرنگی سمت راست تا کالکتور را برحسب میلی‌متر وارد نمود. به منظور تنظیم فاصله الکتروریسی واحدهای سمت راست و سمت چپ به صورت Manual (دستی) می‌توان از کلیدهای **←** و **→** به ترتیب در قسمت بالا و پایین صفحه در منوی **Distance** استفاده نمود.

در صورتی که مقدار وارد شده جهت تنظیم فاصله الکتروریسی کمتر از مقدار مینیمم یا بیشتر از مقدار ماکسیمم تعیین شود پیغام "Error!" در صفحه کلید مجازی ظاهر می‌شود.

#### ۴-۶- سیستم تنظیم سرعت چرخش درام کالکتور

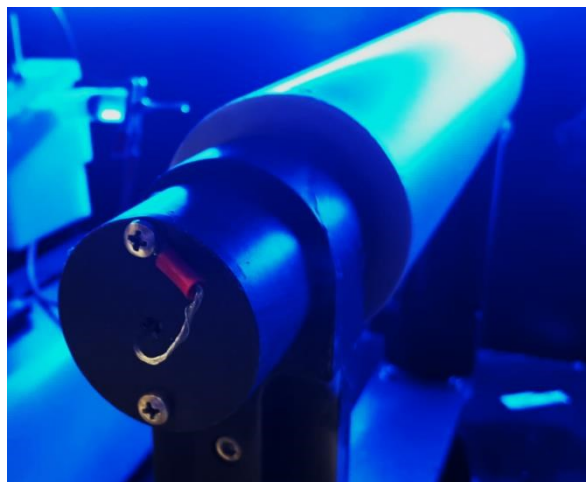
بر حسب نوع سیستم الکتروریسی، حداقل و حداکثر سرعت چرخش درام می‌تواند متغیر باشد (از ۳۵۰ تا

۳۰۰۰ rpm). با انتخاب منوی **Drum** در صفحه اصلی و قرار دادن گزینه **OFF** در حالت **ON** درام کالکتور شروع به چرخش کرده و سرعت چرخش درام را با وارد نمودن مقدار مورد نظر در مقابل **Drum Speed(rpm):** می‌توان برحسب دور در دقیقه تنظیم نمود.

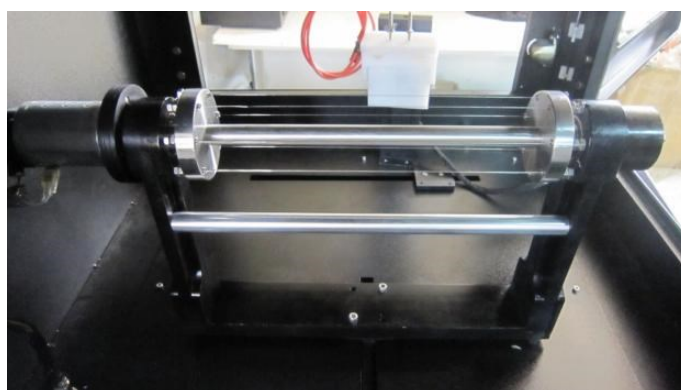


شکل ۴-۱۰- منوی درام کالکتور.

**توجه:** در این دستگاه انواع کالکتورها از جمله سیلندری، سیمی، میله ای و دیسکی قابل استفاده است.



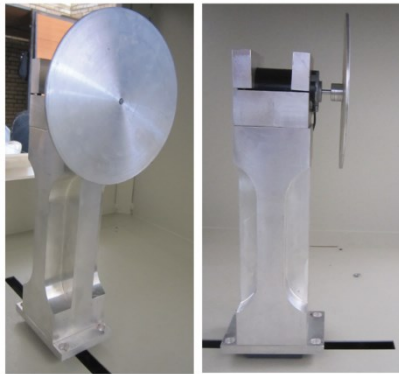
شکل ۴-۱۱- کالکتور چرخان نوع سیلندری.



شکل ۴-۱۲- کالکتور چرخان نوع سیمی مناسب برای تولید نانوالیاف موازی (تولید به صورت سفارشی).



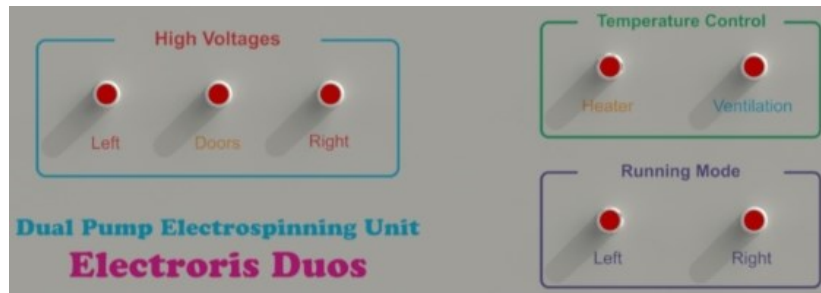
شکل ۴-۱۳- کالکتور میله‌ای (مندرل) (تولید به صورت سفارشی).



شکل ۴-۱۴- کالکتور دیسکی (تولید به صورت سفارشی).

#### ۴-۷- چراغ‌های LED روی پنل

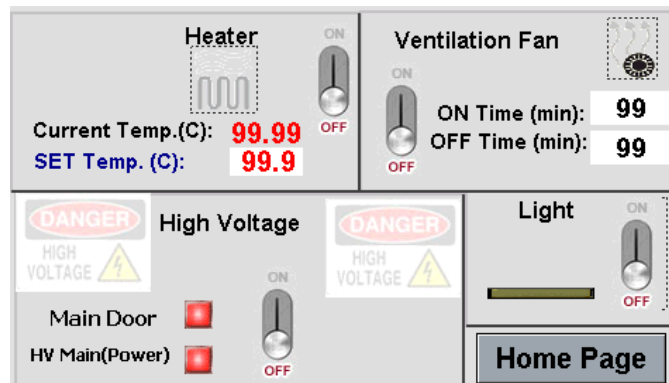
در قسمت سمت راست پنل، چراغ‌های LED مربوط به هشدار باز بودن درب‌ها، روشن بودن منابع تامین ولتاژ بالا، روشن بودن هیتر یا فن تهویه و چراغ نشان دهنده کارکرد پمپ سرنگی چپ یا راست تعبیه شده است. روشن شدن چراغ Doors نشان دهنده باز بودن یکی از درب‌های دستگاه می‌باشد. در قسمت Temperature Control چراغ‌های مربوط به هیتر و فن تهویه قرار دارند که در صورت روشن شدن هیتر، چراغ Heater روشن شده و تا رسیدن به دمای تنظیم شده روشن می‌ماند. همچنین چراغ Ventilation با روشن شدن فن تهویه، روشن می‌شود. در قسمت Running Mode دو چراغ LED (مربوط به پمپ‌های سرنگی سمت راست و چپ) تعبیه شده که در هنگام انجام فرآیند الکتروریسی، چراغ مربوط به پمپ سرنگی غیرفعال، خاموش و چراغ پمپ سرنگی فعال، روشن می‌شود. در صورت فعالیت هر یک از منابع تامین ولتاژ بالا، چراغ‌های مربوط به آن (Right یا Left) در بخش High Voltages از پنل دستگاه الکتروریس روشن می‌شود.



شکل ۴-۱۵- چراغ‌های LED پنل الکتروریس دو پمپ PLC.

#### ۴-۸- تنظیم دمای داخل محفظه

با انتخاب گزینه **HV, Heater and Vent.** در صفحه اصلی، منوی تنظیمات منابع تامین ولتاژ بالا (HV)، هیتر و تهویه طبق شکل زیر باز می‌شود. توسط این بخش می‌توان دمای داخل محفظه را از دمای محیط تا ۴۵ درجه سانتی‌گراد تنظیم کرد. در منوی باز شده و در بخش‌های Heater و Ventilation Fan با قرار دادن **ON** در حالت **ON** به ترتیب هیتر و فن تهویه دستگاه روشن می‌شوند. به منظور تنظیم دمای داخل الکتروریس، دمای مورد نظر باید در مقابل **SET Temp. (C):** و بر حسب سانتی‌گراد وارد شود. **ON Time (min):** و **OFF Time (min):** به ترتیب زمان روشن و خاموش بودن فن تهویه (که در پشت دستگاه قرار دارد) را نشان می‌دهند. در قسمت Temperature Control در پنل دستگاه، چراغ‌های مربوط به هیتر و فن تهویه قرار دارند که در صورت روشن شدن هیتر، چراغ Heater روشن شده و تا رسیدن به دمای تنظیم شده روشن می‌ماند. همچنین چراغ Ventilation با روشن شدن فن تهویه، روشن می‌شود.



شکل ۴-۱۶- منوی تنظیمات هیتر، فن تهویه، ولتاژ بالا و روشنایی داخل محفظه الکتروریس.

#### ۴-۸-۱- لزوم تنظیم دما

دمای محیط الکتروریسی با توجه به تاثیر مستقیم در کشش سطحی محلول پلیمری، یکی از پارامترهای مهم در فرآیند الکتروریسندگی می باشد که به خصوص در کارهای تحقیقاتی لازم است مورد توجه قرار گیرد. چنانچه تجربه پژوهشگران الکتروریسندگی نشان می دهد، فرآیند تشکیل نانوالیاف در زمستان نسبت به فصول گرمتر سال به دلیل کاهش دمای محیط با مشکلات بیشتری مواجه است.

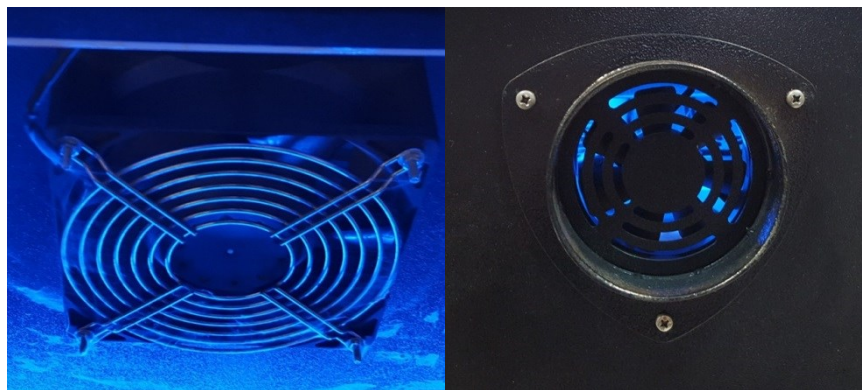
**توجه:** حداکثر دمای قابل تنظیم در ۴۵ درجه سانتی گراد تنظیم شده است که البته امکان تنظیم مقادیر بالاتر نیز وجود دارد. ولی به علت امکان آسیب رساندن به بخش های الکترونیکی و منع تامین اختلاف پتانسیل، توصیه می شود دماهای بالا مورد استفاده قرار نگیرد و حتی الامکان دستگاه در دمای زیر ۴۵ درجه سانتی گراد تنظیم گردد.

**توضیح:** در این سیستم امکان تنظیم دمای داخل محفظه کمتر از دمای محیط وجود ندارد.

#### ۴-۸-۲- فن تهویه

با توجه به اینکه جهت تشکیل نانوالیاف لازم است در طی مسیر حرکت جت پلیمری از نوک نازل تا جمع کننده، بیشتر حلال پلیمر تبخیر گردد تا لایه جامد نانوالیاف در روی جمع کننده تشکیل گردد، هر گونه عاملی که منجر به کم شدن فرآیند تبخیر گردد، می تواند باعث اختلال در تشکیل نانوالیاف شود. با توجه به بسته بودن محفظه، بعد از مدتی محیط داخل محفظه از حلال اشباع شده و فرآیند تبخیر کندتر خواهد شد. جهت جلوگیری از این امر لازم است حلال داخل محفظه به نحوی خارج شود بدون اینکه دمای آن تحت تاثیر قرار گیرد؛ به همین منظور سیستم هواکش کوچکی در پشت دستگاه تعبیه شده است که مدت زمان خاموش / روشن شدن آن در منوی HV, Heater and Vent. و در بخش Ventilation قابل تنظیم است تا ضمن خارج نمودن حلال، دمای داخل محفظه را کاهش

ندهد.




شکل ۴-۱۷- تصویر هواکش پشت دستگاه.



**توضیح:** در صورتی که لازم است در دمای محیط کار کنید، به جای خاموش کردن سیستم گرمایش که منجر به خاموش شدن فن نیز می‌شود، بهتر است دمای دلخواه در کمتر از دمای محیط تنظیم شود تا هواکش سیستم همواره فعال باشد.

#### ۹-۴- روشنایی داخل محفظه

خاموش / روشن کردن لامپ مهتابی داخل دستگاه الکتروریس با استفاده از  در بخش Light از منوی انجام می‌شود. HV, Heater and Vent.


#### ۱۰-۴- سیستم تامین اختلاف پتانسیل



شکل ۴-۱۸- منبع تامین ولتاژ بالای نصب شده بر روی دستگاه الکتروریس (مدل HV35P OV).

تعداد ۲ منبع تامین ولتاژ بالا در این دستگاه تعبیه شده که از نوع ۳۵ کیلوولت مثبت و با نمایشگر ولتاژ خروجی برحسب کیلو ولت می‌باشند. همچنین منبع تامین ولتاژ بالای سری OC (که علاوه بر نمایشگر ولتاژ برحسب کیلو ولت دارای نمایشگر جریان خروجی برحسب میکرو آمپر است) می‌تواند بر روی دستگاه نصب شود (سفارشی).

#### ۱۰-۴-۱- روشن نمودن منبع تامین اختلاف پتانسیل

با ورود به منوی HV, Heater and Vent. و قرار دادن  در حالت ON (در قسمت High Voltage) منابع تامین ولتاژ بالا در حالت آماده به کار (Standby) قرار گرفته و چراغ LED حالت Standby که به رنگ آبی است، روشن می‌شود. منابع تامین اختلاف پتانسیل با قرار دادن کلید On/Off (که بر روی منابع تامین اختلاف پتانسیل تعبیه شده است) در حالت On روشن می‌شود. جهت ایمنی بیشتر سیستم، پیشنهاد می‌شود قبل از روشن نمودن منابع ولتاژ بالا ولوم تنظیم

ولتاژ را در ولتاژهای پایین قرار دهید و سپس آن را تا ولتاژ مورد نظر افزایش دهید. این کار باعث خواهد شد هر گونه اتصال در سیستم در ولتاژهای پایین مشخص شده و رفع گردد. پس از روشن شدن منبع، چراغ LED قرمز، روشن خواهد شد.

**توجه:** قبل از روشن نمودن دستگاه الکتروریس، دقت نمایید کلید منبع تامین اختلاف پتانسیل در حالت Off باشد.

#### ۴-۱۰-۲- تنظیم ولتاژ خروجی

تنظیم کننده ولتاژ (پتانسیومتر ۱۰ دور)، جهت افزایش یا کاهش ولتاژ در سمت راست هر یک از منابع تامین ولتاژ بالا تعبیه شده است.



شکل ۴-۱۹- تنظیم کننده ولتاژ (ولوم ۱۰ دور) منبع تامین ولتاژ بالا.

**کیلوولت متر:** این نمایشگر میزان ولتاژ خروجی منبع را بر حسب کیلوولت و با دقت دهم کیلوولت (۱۰۰ ولت) نمایش می دهد.

**توضیح:** جهت ایمنی بیشتر کاربران، ۳ سوئیچ روی درب های دستگاه قرار گرفته است که باعث می شود در زمان باز بودن درب ها، ولتاژ بالا از منبع به کابل منتقل نشود. در صورتی که منبع ولتاژ بالا را روشن نموده اید ولی کیلوولت متر، ولتاژ صفر را نمایش می دهد، بسته بودن درب ها را کنترل نمایید.

**میکرو آمپر متر (سفارشی):** جهت نمایش میزان جریان مصرفی در خروجی ولتاژ بالا می باشد که اطلاعات جالب توجهی در خصوص فرآیند الکتروریسی در اختیار پژوهشگر قرار می دهد. دقت این آمپر متر یک میکرو آمپر (هزارم میلی آمپر) می باشد.

**توجه:** با توجه به جریان بسیار کم مصرف شده در فرآیند الکتروریسی که ناشی از میزان جریان عبور از نانوالیاف از نوک نازل تا درام می‌باشد، هرگونه افزایش مصرف نشان‌دهنده وجود محل تخلیه جریان در سیستم می‌باشد. در چنین مواردی بایستی دستگاه خاموش شده و محل‌های اتصال مخصوصاً محل قرارگیری سرنگ روی پمپ سرنگی بررسی شود.

#### ۴-۱۰-۳- هشدار باز بودن درب‌ها

در صورت باز شدن هر یک از درب‌های دستگاه، چراغ مقابل Main Door در صفحه اصلی HMI به رنگ قرمز درآمده و با روشن شدن چراغ مربوط به Doors (چراغ زرد رنگ) بر روی پنل دستگاه، فعالیت منبع تامین ولتاژ بالا متوقف شده و الکتروریسی انجام نمی‌شود.

#### ۴-۱۱- منوی Alarms

در صورت وقوع هر رویداد غیر منتظره‌ای که منجر به اختلال و توقف در کار دستگاه شود، دلیل آن در صفحه Alarms ثبت می‌گردد. این رویدادها عبارتند از باز بودن درب‌ها، توقف عملکرد منبع تامین ولتاژ بالا، توقف اضطراری، رسیدن به حجم مورد نظر تزریق محلول، به اتمام رسیدن محلول داخل سرنگ و پایان فرآیند الکتروریسی.

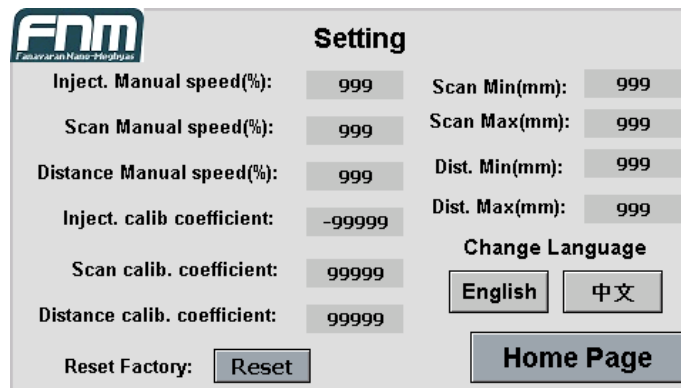
FNM Fasilitas Nano-Membran				
Alarm				
	Date	Time	Status	Message
1	31/12/16	23:59	AAA	A...
2	31/12/16	23:59	AAA	A...
3	31/12/16	23:59	AAA	A...
4	31/12/16	23:59	AAA	A...
5	31/12/16	23:59	AAA	A...
A...				
				Home Page

شکل ۴-۲۰- منوی Alarms

#### ۴-۱۲- منوی Setting

تنظیمات مختلف الکتروریس از قبیل تزریق محلول، روبش پمپ‌های سرنگی، سیستم فاصله الکتروریسی و همه تنظیمات کالیبراسیون مربوط به دستگاه و تنظیمات زبان در منوی Setting قرار دارد.

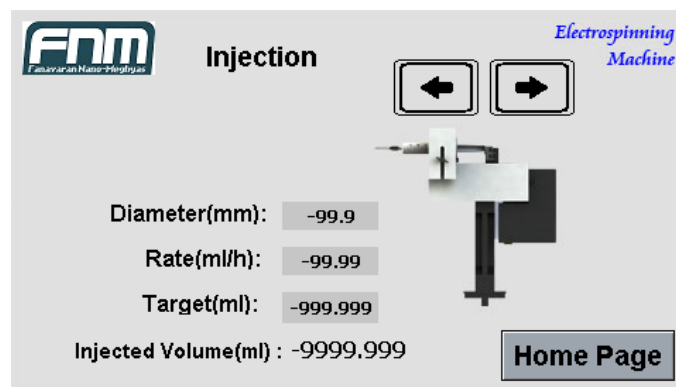
**توجه:** این منو برای کاربران قابل دسترس نمی‌باشد. تنظیمات این منو توسط شرکت فناوران نانو مقیاس انجام شده و در صورت خارج شدن دستگاه از کالیبره و نیاز به تنظیم مجدد با شرکت تماس حاصل شود.



شکل ۴-۲۱- منوی Setting

#### ۴-۱۳- کالیبراسیون

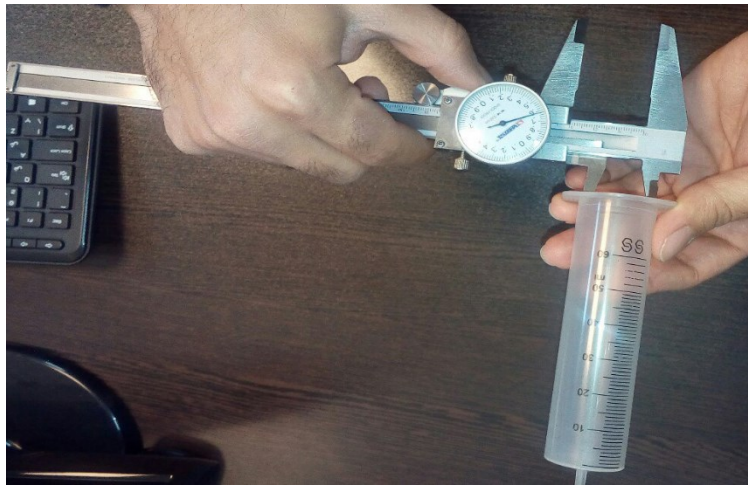
**توجه:** در طی انجام کالیبراسیون پمپ سرنگی، منبع تامین ولتاژ بالا باید خاموش باشد.



شکل ۴-۲۲- منوی "Injection".

فرآیند کالیبراسیون سیستم پمپ سرنگی باید طبق مراحل زیر انجام شود (برای انجام کالیبراسیون نیازی به قرار دادن سرنگ در پمپ سرنگی نیست):

مرحله ۱) قطر داخلی سرنگ مورد استفاده وارد شود (قطر داخلی سرنگ باید به طور دقیق توسط کولیس اندازه-گیری شود)،



شکل ۴-۲۳- روش صحیح اندازه گیری قطر داخلی سرنگ.

مرحله ۲) نرخ تغذیه محلول الکتروریسی وارد شود،

مرحله ۳) حجم نهایی تزریق وارد شود (مقدار محلولی که باید تزریق شود)،

مرحله ۴) نقطه آغاز حرکت پدال پمپ سرنگی را مشخص کنید (پدال پمپ سرنگی بخشی از سیستم تزریق محلول است که به پیستون سرنگ فشار وارد می کند)،

مرحله ۵) انتخاب گزینه "Run" در "Home Page" صفحه HMI برای آغاز تزریق محلول پلیمری،

مرحله ۶) پس از اتمام تزریق (رسیدن به حجم نهایی) دستگاه متوقف شده و نقطه پایان حرکت پدال پمپ سرنگی باید مشخص شده و میزان جابه جایی پدال (فاصله بین نقطه آغاز و پایان پدال پمپ سرنگی) محاسبه شود،

**توجه:** میزان محلول تزریق شده از یک فرمول ریاضی ساده تبعیت می کند:

$$V = \pi \times d^2/4$$

که در آن  $V$  حجم محلول تزریق شده بر حسب میلی لیتر،  $\pi$  حدود ۳/۱۴ و  $d$  قطر داخلی سرنگ بر حسب میلی متر است.

مثال زیر برای درک بهتر فرآیند کالیبراسیون، آمده است:

مرحله ۱) پنل HMI ← Home Page ← منوی Injection ← وارد کردن مقدار ۱۰ در مقابل گزینه Diameter

مرحله ۲) پنل HMI ← Home Page ← گزینه Injection ← وارد کردن مقدار ۶۰ در مقابل گزینه Rate

مرحله ۳) پنل HMI ← Home Page ← گزینه Injection ← وارد کردن مقدار ۱ در مقابل گزینه Target

مرحله ۴) مشخص کردن موقعیت پدال پمپ سرنگی (اندازه گیری دقیق فاصله پدال نسبت به یک نقطه ثابت در پمپ سرنگی)

مرحله ۵) پنل HMI ← Home Page ← گزینه Run

مرحله ۶) زمان آغاز تا پایان فعالیت پمپ سرنگی در این مثال باید دقیقا ۶۰ ثانیه باشد.

مرحله ۷) مشخص کردن موقعیت پدال پمپ سرنگی پس از پایان تزریق (اندازه گیری دقیق فاصله پدال نسبت به نقطه ثابت در نظر گرفته شده در مرحله ۴). فاصله محاسبه شده باید  $12/73 \pm 0/10$  mm باشد. اگر فاصله طی شده توسط پدال پمپ سرنگی بیشتر یا کمتر از  $12/73$  mm باشد، مقدار "Inject. calib. coefficient" در منوی "Setting" باید تغییر کند.

**توجه:** وارد شدن به منوی "Setting" نیاز به پسورد دارد (Pass: 666666). در صورتی که ضرایب کالیبراسیون نیاز به تغییر داشت، با شرکت تماس بگیرید (info@fnm.ir).

**توجه:** لطفا این فرآیند را برای نرخهای تزریق ۶ (زمان فعالیت پمپ سرنگی: ۱۰ دقیقه) و ۱ ml/h (زمان فعالیت پمپ سرنگی: ۱ ساعت) تکرار کنید (مرحله ۲).

#### ۴-۱۳-ایمینی

#### ۴-۱۳-۱- اتصال دستگاه به ارت

تولید نانوالیاف در دستگاه الکتروریس با استفاده از اختلاف پتانسیل بالا انجام می شود که اگر اصول ایمنی به خوبی رعایت نشود، می تواند منجر به ایجاد آرک در دستگاه شود. بنابراین برای جلوگیری از خطر آرک که می تواند منجر به آسیب دیدن قطعات الکترونیکی، صدمات جانی و یا آتش سوزی شود، لازم است دستگاه به ارت متصل شود. توضیحات مربوط به ارت و نحوه تست آن در فصل ۵ آمده است.

**توجه:** در صورت مشاهده یا شنیدن صدای آرک (صدای جرقه)، بلافاصله دستگاه را متوقف کرده و اتصال دستگاه به ارت بررسی شود.

**توجه:** در هنگام کار با دستگاه و در حین انجام فرآیند الکتروریسی، حتما در کنار دستگاه حضور داشته باشید تا در صورت وقوع هر گونه اتفاق غیر منتظره‌ای (مانند پدیده آرک) بتوانید دستگاه را متوقف کرده و مانع از آسیب دیدن دستگاه شوید.

#### ۴-۱۳-۲- سیستم توقف اضطراری

"Emergency Stop": از این دکمه در مواقعی که در فعالیت دستگاه اختلال ایجاد شده و ممکن است به دستگاه آسیب برسد استفاده می‌شود. با فشردن این دکمه، فعالیت کلیه قسمت‌های الکتروریس متوقف شده و برای راه‌اندازی مجدد دستگاه، دکمه باید در جهت حرکت عقربه‌های ساعت چرخانده شود تا دستگاه در حالت آماده به کار قرار گیرد.



شکل ۴-۲۴- کلید توقف اضطراری.

## فصل ۵- نگهداری

### ۵-۱- اقدامات ایمنی و نحوه نگهداری از سیستم

- قبل از استفاده دستورالعمل سیستم را به طور کامل مطالعه نمایید.
- از باز نمودن دستگاه بدون هماهنگی با شرکت فناوریان نانومقیاس اجتناب نمایید.
- از سیم برق ورودی مناسب برای سیستم استفاده نمایید.
- قبل از استفاده از سیستم، از اتصال مناسب ارت دستگاه مطمئن شوید.
- دستگاه را در محل و شرایط آب و هوایی مناسب (خشک، تمیز، مسطح) قرار دهید.
- جهت تهویه مناسب، از قرار دادن فن دستگاه چسبیده به دیوار یا سایر اشیاء اجتناب شود.
- جهت تمیز نمودن دستگاه از حلال‌هایی که موجب آسیب به بدنه و صفحه کلید دستگاه شوند استفاده نشود. استفاده از دترجنت ملایم جهت تمیز نمودن دستگاه پیشنهاد می‌گردد.

### ۵-۲- بررسی‌های قبل از روشن نمودن دستگاه الکتروریس

#### ۵-۲-۱- بررسی سیستم اتصال به زمین (ارت)

با توجه به ولتاژ بالای لازم جهت تشکیل نانوالیاف پلیمری، لازم است دستگاه به نحو مطلوبی به سیستم ارت متصل شود. عدم اتصال مناسب ارت علاوه بر اینکه باعث خرابی سیستم‌های الکترونیکی دستگاه در چند ثانیه خواهد شد، می‌تواند خطرات جانی نیز به همراه داشته باشد.

با توجه به اهمیت اتصال مناسب ارت دستگاه، بایستی سیستم سیم‌کشی آزمایشگاه مجهز به سیستم ارت بوده و از پریزها و سیم‌های برق دارای ارت (سه سیم) استفاده گردد. در کنار محل اتصال کابل برق (پشت دستگاه) یک سوکت زرد رنگ برای اتصال سیم ارت تعبیه شده است که بایستی توسط یک سیم مناسب به ارت متصل گردد.

#### ۵-۲-۲- روش تست ارت

بهترین روش سنجش با دستگاه ارت سنج می‌باشد. ولی با مولتی متر معمولی هم می‌توان این کار را انجام داد، به این صورت که سلکتور مولتی متر را بر روی ولت متر قرار داده، یک سر ولت متر را به ارت و سر دیگر را به فاز وصل می‌کنیم که بایستی حدود ۲۲۰ ولت را نشان دهد، که به دلیل گرادیان ولتاژ (افت ولتاژ در حوزه الکتروود زمین) می‌باشد که البته با همین روش و تست اختلاف پتانسیل ارت با نول، اختلاف ولتاژ باید کمتر از ۵ ولت باشد.





شکل ۵-۱- پریز دارای ارت.

**توجه:** در تصویر بالا قسمتهای نشان داده شده ارت هستند ولی وجود این قسمت در پریزها دلیلی بر وجود ارت نبوده و حتما باید طبق روش گفته شده برای تست ارت، از اتصال ارت اطمینان حاصل شود و سپس دستگاه به ارت متصل گردد. همچنین سیم ارت نباید به مکان‌هایی مانند درب‌ها و پنجره‌های فلزی، پایه میز و دستگیره درب‌های آزمایشگاه متصل شود.

**توجه:** سیم‌های نول و ارت با هم تفاوت دارند. بنابراین هرگز نباید از نول برای اتصال سیم ارت استفاده نمود.

### ۵-۲-۳- بررسی اتصال کابل ولتاژ بالا

قبل از روشن نمودن دستگاه از اتصال درست سیم کابل منبع اختلاف پتانسیل به نازلها مطمئن شوید. اتصال کابل ولتاژ بالا به هر نقطه از دستگاه (غیر از نازلها) باعث انتقال ولتاژ بالا به سیستم الکترونیکی و خرابی آنها خواهد شد. ضمن اینکه می‌تواند باعث آسیب به منبع تامین اختلاف پتانسیل گردد.

### ۵-۲-۴- اطمینان از خاموش بودن منبع تامین اختلاف پتانسیل

با روشن نمودن دستگاه، برق وارد منبع تامین اختلاف پتانسیل خواهد شد. در صورتی که منبع تامین اختلاف پتانسیل روشن باشد، با روشن شدن دستگاه، برق ولتاژ بالا نیز روشن شده و ولتاژ بالا به نازلها منتقل خواهد شد. این مورد به دلیل عدم آمادگی کاربر می‌تواند خطر برق گرفتگی و صدمات وارده به دستگاه را افزایش دهد.

**توجه:** قبل از روشن نمودن دستگاه حتماً از خاموش بودن منبع تامین اختلاف پتانسیل مطمئن شوید.

### ۵-۳- بررسی عملکرد دستگاه الکتروریس

#### ۵-۳-۱- کالیبراسیون

برای اطمینان از عملکرد دستگاه الکتروریس، لازم است کالیبراسیون قسمت‌های مختلف دستگاه همواره مورد بررسی قرار گیرد (به صورت ماهانه). بخش‌هایی که نیاز به کالیبراسیون دارند شامل پمپ سرنگی (در بخش ۴-۱۳ آمده است)، سیستم اسکن نازل‌ها و سیستم تنظیم فاصله الکتروریسی می‌باشد. در صورت کالیبره نبودن هر یک از بخش‌های گفته شده، ضرایب کالیبراسیون باید تغییر کنند که در این صورت باید با شرکت فناوری نانو مقیاس تماس گرفته شود.

#### ۵-۳-۲- عملکرد منابع تامین ولتاژ بالا

منابع تامین ولتاژ بالا نباید در حین کار نوسان شدید داشته باشند، در صورت وجود نوسان شدید، منابع تامین ولتاژ بالا نیاز به تعمیر دارند. همچنین در طول فرآیند الکتروریسی نباید تغییر ولتاژ محسوسی (کمتر از ۰/۵ kV) رخ دهد.

#### ۵-۳-۳- عملکرد درام کالکتور

فرآیند الکتروریسی در دستگاه الکتروریس به واسطه اختلاف پتانسیل ایجاد شده بین نوک نازل محلول (که به منبع تامین ولتاژ بالا متصل است) و درام کالکتور (که به ارت متصل است) انجام می‌شود. اتصال درام کالکتور به ارت از طریق زغال صورت می‌گیرد. چرخش درام باعث خورده شدن سطح زغال شده و به مرور زمان ذرات زغال از سطح آن جدا شده و بر روی زغال و انتهای درام که با زغال در تماس است، نشسته و اتصال زغال با درام کالکتور کاهش می‌یابد. بنابراین لازم است همواره (به صورت هفتگی) مقاومت الکتریکی درام نسبت به ارت سنجیده شود (مقدار مقاومت باید کمتر از  $200\ \Omega$  باشد). برای اندازه‌گیری مقاومت الکتریکی از مولتی‌متر یا اهم‌متر استفاده می‌شود. برای این منظور یک سر اهم‌متر به درام و سر دیگر آن به ارت متصل شده و مقدار مقاومت خوانده می‌شود. در صورتی که مقاومت درام کالکتور نسبت به ارت بیش از  $200\ \Omega$  باشد نانوالیاف به خوبی بر روی سطح کالکتور جمع نشده و در داخل محفظه دستگاه پخش می‌شود. برای کاهش مقاومت الکتریکی باید مطابق شکل زیر عمل شود و ذرات زغال به جا مانده بر روی شفت درام و زغال پاک شود. همچنین بهتر است سطح زغال با سمباده نرم صیقل داده شود. ممکن است زغال در اثر کارکرد زیاد دستگاه کوتاه شود و با شفت درام تماس نداشته باشد که در این صورت زغال باید تعویض شود.



(۳)

(۲)

(۱)

شکل ۵-۲- نحوه باز کردن زغال و تمیز کردن شفت درام؛ (۱) قاب، (۲) شفت درام، (۳) زغال و شفت درام.

**توجه:** برای بررسی عملکرد درام کالکتور، دستگاه باید در حال کار (در حالت Run) باشد و منابع تامین ولتاژ بالا حتما خاموش باشند.

## فصل ۶- عیب یابی

## ۶-۱- عیب یابی

به منظور رفع اشکالات احتمالی قبل از تماس با شرکت از راهنمای زیر استفاده نمایید.

مشکل/ایراد	علت	راه حل/پیشنهاد
دستگاه برق ندارد.	کابل برق دستگاه وصل نیست.	با احتیاط برق را به پریز بزنید.
کابل برق دستگاه وصل است ولی دستگاه روشن نیست.	دستگاه خاموش است.	کلید روشن / خاموش (مدار قطع کننده مینیاتوری) پشت دستگاه را بررسی نمایید.
دلیل اول: با فشردن کلید Run در صفحه HMI، قبل از آغاز الکتروریسی، دستگاه در حالت Set Zero قرار نمی گیرد.	دلیل اول: عدم حرکت سیستم اسکن یا فاصله سینی حائل بخش پایین دستگاه یا هر وسیله خارجی دیگر مانع از حرکت سیستم اسکن و فاصله می شود. خرابی موتورهای اسکن یا فاصله خراب شدن، قطع شدن یا خارج شدن تسمه متصل به موتورها	راه حل اول: <ul style="list-style-type: none"> <li>وسيله خارجي جدا شود يا سيني حائل جابجا شود.</li> <li>در صورت خرابی موتور اسکن یا فاصله بایستی با شرکت تماس گرفته شود.</li> <li>در صورت قطع شدن یا خارج شدن تسمه بایستی با شرکت تماس گرفته شود.</li> </ul> راه حل دوم: بایستی با شرکت تماس گرفته شود.
پدال پمپ سرنگی به سمت عقب باز نمی گردد.	پدال پمپ سرنگی به انتهای مسیر حرکت خود رسیده و گیر کرده است.	با کمک دست پدال را به سمت عقب فشار داده و همزمان کلید  را در سمت راست منوی Injection و یا کلید  را در سمت چپ منوی Injection فشار دهید تا کلید داخل پمپ سرنگی آزاد شود و پدال پمپ سرنگی به سمت عقب باز گردد.
درام جمع کننده چرخش ندارد.	<ul style="list-style-type: none"> <li>درام در حالت خاموش است و سرعت درام در مقادیر کم تنظیم شده است.</li> <li>سوکت سیم درام خارج شده است.</li> <li>درام گیر کرده است.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>درام کالکتور را از منوی  در صفحه HMI روشن کرده و سرعت چرخش آن را در مقادیر بالاتر از ۳۵۰rpm تنظیم نمایید.</li> <li>سوکت را محکم نمایید و پیچ آن را ببندید.</li> <li>درام را با دست بچرخانید تا از عدم</li> </ul>

<p>گیر کردن آن مطمئن شوید.</p> <p><b>توجه:</b> در صورت عدم چرخش با وجود بررسی های بالا، جهت عدم آسیب به موتور، دستگاه را خاموش نموده و علت را بررسی نمایید.</p>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>توسط سیم نازکی نازل دارای گرفتگی را باز نمایید یا آنها را تعویض کنید.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>گرفتگی نازل توسط محلول پلیمری خشک شده</li> </ul>	<p>پدال پمپ سرنگی به سمت جلو حرکت می کند، ولی محلول از نازل بیرون نمی آید.</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>قطر سرنگ را با کولیس به صورت درست و دقیق اندازه گرفته و وارد سیستم نمایید. (کلیه محاسبات مربوط به سرعت تزریق بر مبنای همین عدد است.)</li> </ul>	<p>عدم ورود صحیح قطر سرنگ</p>	<p>میزان تزریق محلول پلیمری اشتباه است.</p>
<p>کلید "Stop" را در صفحه HMI فشار دهید تا مقدار محلول تزریق شده صفر شده و سنجش مقدار محلول از سر گرفته شود.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>تزریق میزان محلول به اندازه وارد شده به سیستم</li> </ul>	<p>عدم تزریق محلول و نمایش Injected volume reaches to max limit</p>
<p>همه درهای دستگاه را کنترل نمایید.</p> <p><b>توجه:</b> دقت نمایید با بستن درب دستگاه، ولتاژ منبع برفرار خواهد شد به همین دلیل قبل از بستن درها از کم بودن ولوم اطمینان حاصل نمایید تا ولتاژ بالا (مثلاً ۳۵ کیلوولت) به یکباره وارد سیستم نشود.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>درب دستگاه باز است.</li> <li><b>توجه:</b> در ابتدای کار با دستگاه با فشردن گزینه Run در صفحه اصلی HMI، دستگاه در حالت "Set Zero" قرار گرفته و سپس پمپ سرنگی در فاصله تنظیم شده نسبت به کالکتور قرار می گیرد، در این لحظه منبع تامین ولتاژ بالا روشن شده و فرآیند الکتروریسی آغاز می شود.</li> </ul>	<p>منبع تامین اختلاف پتانسیل روشن شده است ولی با چرخاندن پتانسیومتر همچنان ولتاژ صفر را نشان می دهد.</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>سوئیچ دریاها را بررسی نمایید.</li> <li>جک پشت منبع تامین اختلاف پتانسیل را متصل نمایید. (برای اینکار بایستی پیچهای پشت محل قرارگیری منبع باز شود.)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>سوئیچ دریاها دستگاه گیر کرده یا خراب شده است.</li> <li>جک پشت منبع تامین اختلاف پتانسیل متصل نیست.</li> </ul>	<p>با باز شدن درهای دستگاه منبع تامین اختلاف پتانسیل خاموش نمی شود.</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>دماهای بسیار بالا (بالای ۴۵ درجه) برای سیستم چندان مناسب نیست.</li> <li>دمای کمتری انتخاب شود.</li> <li>منتظر بمانید تا ترموستات هیتر مجدداً وصل شود.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>دمای بسیار بالا انتخاب شده است.</li> <li>جهت جلوگیری از آسیب به هیتر، دستگاه خاموش شده است.</li> </ul>	<p>سیستم گرمکن به دماهای بالا نمی رسد.</p>

## فصل ۷- سفارش

### ۷-۱- تولید سفارشی

با توجه به این که تمامی قسمت‌های دستگاه، تولید شرکت فناوران نانو مقیاس است، این شرکت قابلیت تولید سفارشی دستگاه را داراست.

### ۷-۲- نحوه سفارش

جهت سفارش دستگاه‌های ساخت شرکت فناوران نانو مقیاس می‌توانید به یکی از روشهای زیر عمل نمایید

۱- با تکمیل فرم تماس با ما، از طریق آدرس <http://www.fnm.ir/order.htm>، می‌توانید محصولات شرکت فناوران نانو مقیاس را، سفارش دهید.

۲- ارسال فکس درخواست به شماره ۰۲۱-۶۵۶۱۲۴۹۶

۳- مراجعه به آدرس شرکت (جاده قدیم کرج - کیلومتر ۵ جاده شهریار - شهرک صنعتی گلگون -

خیابان چهارم غربی - پلاک ۴۲)

۴- ارسال ایمیل به آدرس [info@fnm.ir](mailto:info@fnm.ir)

## ضمیمه ۱- قطر داخلی سرنگ

<i>Terumo</i>		<i>Stainless Steel</i>		<i>SGE</i>	
<u>Size</u>	<u>Diameter</u>	<u>Size</u>	<u>Diameter</u>	<i>Scientific Glass</i>	
3 cc	8.95 mm	8 cc	9.525 mm	<i>Engineering</i>	
5	13.00	20 cc	19.130	<u>Size</u>	<u>Diameter</u>
10	15.80	50 cc	28.600	25 µl	0.73 mm
20	20.15	100 cc	34.900	50	1.03
30	23.10			100	1.46
60	29.10			250	2.30
				500	3.26
<i>Sherwood Monoject</i>		<i>Becton Dickinson</i>		1.0 ml	4.61 mm
<i>Plastic</i>		<i>Plastic "Plasticpak"</i>		2.5	7.28
<u>Size</u>	<u>Diameter</u>	<u>Size</u>	<u>Diameter</u>	5	10.30
1 cc	4.65 mm	1 cc	4.78 mm	10	14.57
3	8.94	3	8.66		
6	12.70	5	12.06		
12	15.90	10	14.50		
20	20.40	20	19.13		
35	23.80	30	21.70		
60	26.60	50/60	26.70		
140	38.40			<i>Hamilton Microliter</i>	
		<i>Air Tite "All Plastic"</i>		<i>Series Gastight</i>	
		<u>Size</u>	<u>Diameter</u>	<u>Size</u>	<u>Diameter</u>
		2.5 cc	9.60 mm	.5 µl	0.103 mm
		5.0	12.45	1	0.1457
		10	15.90	2	0.206
		20	20.05	5	0.3257
		30	22.50	10	0.460
		50	29.00	25	0.729
				50	1.031
		<i>Unimetrics</i>		100	1.46
		<i>Series 4000 &amp; 5000</i>		250	2.3
		<u>Size</u>	<u>Diameter</u>	500	3.26
		10 µl	0.460 mm	1.0 ml	4.61 mm
		25	0.729	2.5	7.28
		50	1.031	5	10.3
		100	1.460	10	14.57
		250	2.300	25	23.0
		500	3.260	50	32.6
		1000	4.610		

## ضمیمه ۲- جدول نازل سرنگ

Needle Gauge	Nominal Outer Diameter			Nominal Inner Diameter			Nominal Wall Thickness		
	inches	mm	tol. inches (mm)	inches	mm	tol. inches (mm)	inches	mm	tol. inches (mm)
7	0.180	4.572	±0.001 (±0.025)	0.150	3.810	±0.003 (±0.076)	0.015	0.381	±0.001 (±0.025)
8	0.165	4.191	"	0.135	3.429	"	"	"	"
9	0.148	3.759	"	0.118	2.997	"	"	"	"
10	0.134	3.404	"	0.106	2.692	"	0.014	0.356	"
11	0.120	3.048	"	0.094	2.388	"	0.013	0.330	"
12	0.109	2.769	"	0.085	2.159	"	0.012	0.305	"
13	0.095	2.413	"	0.071	1.803	"	"	"	"
14	0.083	2.108	"	0.063	1.600	"	0.01	0.254	"
15	0.072	1.829	±0.0005 (±0.013)	0.054	1.372	±0.0015 (±0.038)	0.009	0.229	±0.0005 (±0.013)
16	0.065	1.651	"	0.047	1.194	"	"	"	"
17	0.058	1.473	"	0.042	1.067	"	0.008	0.203	"
18	0.050	1.270	"	0.033	0.838	"	0.0085	0.216	"
19	0.042	1.067	"	0.027	0.686	"	0.0075	0.191	"
20	0.03575	0.9081	±0.00025 (±0.0064)	0.02375	0.603	±0.00075 (±0.019)	0.006	0.1524	±0.00025 (±0.0064)
21	0.03225	0.8192	"	0.02025	0.514	"	"	"	"
22	0.02825	0.7176	"	0.01625	0.413	"	"	"	"
22s	"	"	"	0.006	0.152	"	0.0111	0.2826	"
23	0.02525	0.6414	"	0.01325	0.337	"	0.006	0.1524	"
24	0.02225	0.5652	"	0.01225	0.311	"	0.005	0.1270	"
25	0.02025	0.5144	"	0.01025	0.260	"	"	"	"
26	0.01825	0.4636	"	"	"	"	0.004	0.1016	"
26s	0.01865	0.4737	"	0.005	0.127	"	0.0068	0.1734	"
27	0.01625	0.4128	"	0.00825	0.210	"	0.004	0.1016	"
28	0.01425	0.3620	"	0.00725	0.184	"	0.0035	0.0889	"
29	0.01325	0.3366	"	"	"	"	0.003	0.0762	"
30	0.01225	0.3112	"	0.00625	0.159	"	"	"	"
31	0.01025	0.2604	"	0.00525	0.133	"	0.0025	0.0635	"
32	0.00925	0.2350	"	0.00425	0.108	"	"	"	"
33	0.00825	0.2096	"	"	"	"	0.002	0.0508	"
34	0.00725	0.1842	"	0.00325	0.0826	"	"	"	"