الیاف

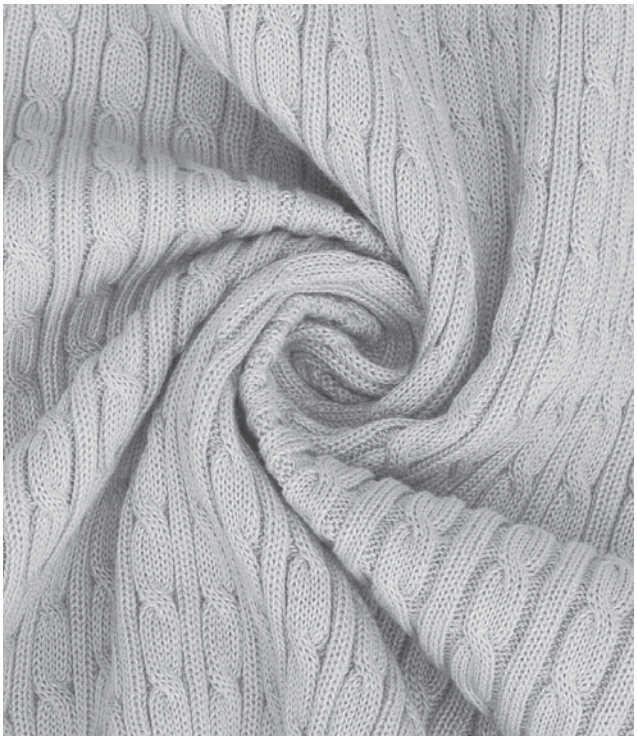
تأثیر کسر حجمی الیاف بر ضریب دی‌الکتریک پارچه حلقوی پودی

نسیم روان‌بخش[1] | علی‌اکبر مرآتی[1] | سعید شیخ‌زاده نجار[1] | حمیدرضا سنجری[1]

چکیده

استفاده از منسوجات به‌عنوان دیالکتریک یک خازن، می‌تواند ویژگی‌های مطلوب و قابل‌توجهی ایجاد کند. منسوجات به دلیل الاستیک بودن، به الکترودهای خازن اجازه فشردگی و سپس برگشت‌پذیری می‌دهد که این ویژگی میتواند در علم کنترل و علم سنسورهای پوشیدنی حائز اهمیت باشد.

در این پژوهش، به بررسی خواص دی‌الکتریک پارچه‌های حلقوی پودی یک‌روسیلندر پرداخته‌شده که طی آن اندازه گیری‌های تئوری به روش‌های کسرحجمی و سطحی با نتایج عملی مورد مقایسه قرار گرفته‌اند. نتایج به دست آمده نشان می‌دهند که بدون استفاده از مدل‌های هندسی پیچیده ساختار بافت، می‌توان ضریب دیالکتریک پارچه حلقوی پودی را با تقریب بسیار خوبی به کسر حجمی الیاف مرتبط ساخت و از محاسبات پیچیده هندسه بافت و حلقه اجتناب نمود.



۱-مقدمه

الیاف نساجی به سبب مقدار بالای نسبت طول به قطرشان ازنظر دی‌الکتریک ناهمسان گرد هستند. این ناهمسان‌گردی و خاصیت انعطاف‌پذیری الیاف نساجی تخمین خواص دی‌الکتریک آنها را با مشکل مواجه کرده است.

برای مثال، در هر فرم از الیاف مثل توده الیاف، فتیله، نخ یا پارچه، حالت قرارگیری الیاف نه کاملاً تصادفی و نه کاملاً منظم است. در چنین ساختارهایی این پارامترهای عدم قطعیت، اثبات رابطه عملی بین ساختار هندسی و خواص دی‌الکتریک را محدود می‌کند.

این حقیقت که حتی در یک توده الیاف داده‌شده، هر یک از الیاف ازنظر نظم و شکل متفاوت‌اند؛ خطای پیش‌بینی را افزایش می‌دهد. شاید این مشکل توجیه‌کننده تعداد منابع محدود در دسترس درزمینه کاربرد قوانین مخلوط‌های دی‌الکتریک برای ساختارهای لیفی باشد.

مسئله پیش‌بینی گذردهی الکتریکی چنین مخلوط‌های چند جزئی ناهمگنی در بسیاری از شاخه‌های علوم کاربردی مانند ژئوفیزیک، پزشکی، چشم‌پزشکی، الکترونیک، معدن، کشاورزی، علم مواد و غیره موردبررسی قرارگرفته است.

با توجه به اینکه اجزای تشکیل‌دهنده چنین مخلوط‌هایی می‌تواند شکل‌های بسیار متنوع و ابعاد متفاوتی داشته باشد،

درک و تحلیل دقیق ویژگی گذردهی الکتریکی آنها بسیار دشوار خواهد بود. عواملی که در اندازه‌گیری ثابت دی‌الکتریک مواد لیفی موثر هستند شامل عوامل داخلی و عوامل خارجی می‌باشند.

عوامل خارجی شرایطی هستند که آزمایش تحت آن شرایط انجام میگیرد مانند بسامد آزمایش، دما و غیره و عوامل داخلی نیز مربوط به نمونه مورد آزمایش هستند، مانند رطوبت محتوی نمونه، تراکم فشردگی، ناهمسانگردی و غیره .

مطالعاتی بر روی خواص دی‌الکتریک پارچه‌های تاری–پودی توسط محققان انجام گرفته است اما تحقیقات در زمینه خواص دی‌الکتریک پارچه‌های حلقوی بسیار اندک است.

نتایج تحقیقات قبلی نشان میدهد که در محاسبه ضریب دی‌الکتریک منسوجات، استفاده از کسر حجمی به‌جای هندسهی بافت، نتایج مطلوبی ارائه می‌دهد

تحقیقات در مورد محاسبه ضریب دی‌الکتریک پارچه‌های تاری–پودی تایید می کند که مدل خطوط موازی و مدل کسر حجمی، نزدیکترین مقادیر تئوری را به مقادیر تجربی ارائه می‌دهند، ازاین‌رو، با توجه به ساختارهای چند فازی منسوجات، بهتر است از وزن مترمربع منسوج که یکی از پارامترهای مختص به بافت و متأثر از نوع بافت، مواد اولیه و هندسه بافت می‌باشد، استفاده نموده و کسر حجمی ماده را به دست آورده، و از این طریق گذرده مؤثر را به نحو مطلوبی پیش‌بینی نمود.

در این مقاله سعی بر آن شده تا با اندازه‌گیری و محاسبه کسر حجمی پارچه‌های حلقوی–پودی یک‌رو سیلندر با بافت ساده، خاصیت دی‌الکتریک آنها مورد مطالعه قرار گیرد. در این تحقیق، با توجه به ارتباط پارامترهای گذردهی و ضریب دیالکتریک، گذردهی منسوج مورد محاسبه و اندازه‌گیری قرار می گیرد.

۲–تجربیات

به‌منظور رسیدن به ثابت دیالکتریک مطلوب می‌بایست دو شرط اصلی لحاظ شود؛ شرط اول از موادی استفاده شود که به‌خودی خود ضریب دی‌الکتریک بالا داشته باشد، و شرط دوم اینکه به‌منظور پرهیز از سه فازی شدن دی‌الکتریک که ناشی از جذب آب است، استفاده از مواد با جذب رطوبت ناچیز مطلوب است.

این دو شرط محدوده انتخاب جنس مناسب را محدود می کند چرا که علاوه بر موارد ذکرشده، ماده انتخابی بایستی قابلیت خم شدن به صورتی که در بافندگی حلقوی پودی موردنیاز است را داشته باشد.

برای مثال در این پژوهش الیاف شیشه نوع E و C با ثابت دی‌الکتریک به‌ترتیب ۲/۵۶و ۲/۵۴و گرانول پلی‌پروپیلن با ثابت دی‌الکتریک ۱/۵ استفاده گردیدند که ازلحاظ جذب رطوبت قابل قبول هستند.

نمونه‌های دی‌الکتریک پارچه‌ای با بافت حلقوی ساده بر روی ماشین‌های تخت باف دستی پساپ (Passap) با گیج‌های ۸،۱۰ و ۱۲ سوزن بر اینچ، به‌صورت یک‌رو سیلندر بافته‌شده‌است.

همچنین دی‌الکتریک پلیمری به‌صورت فیلم از گرانول پلی‌پروپیلن جهت مقایسه با دی‌الکتریک‌های پارچه‌ای تولید گردید.

گذردهی دی‌الکتریک‌ها با استفاده از روش خازنی و استفاده از آنها بین صفحات موازی خازن، تعیین ظرفیت خازن و سپس محاسبه ضریب دی‌الکتریک از مقدار

جدول ۱– مشخصات دی‌الکتریک‌های پارچه‌ای

نمونه	جنس پارچه	ضخامت (میلی‌متر)	قطر نخ (میلی‌متر)	فاصله ردیف (سانتی‌متر)	فاصله رج (سانتی‌متر)	تراکم حلقه
S1	Cglass	۰/۷	۰/۳۱۶	۱/۶	۱/۸	۴۸
S2	Eglass	۰/۷	۰/۳۱۶	۱/۴.۵	۱/۶.۵	۲۹.۲۵
S3	Eglass	۰/۶۵	۰/۳۱۶	۱/۴	۱/۶	۲۴
S4	Cglass	۰/۶	۰/۳۱۶	۱/۴.۵	۱/۶.۵	۲۹.۲۵
S5	Eglass	۰/۴۵	۰/۳۱۶	۱/۵.۵	۱/۵.۵	۳۰.۲۵
S6	Cglass	۰/۶۵	۰/۳۱۶	۱/۵	۱/۶.۵	۳۲.۵
S7	Eglass	۰/۶	۰/۳۱۶	۱/۵	۱/۶	۳۰

جدول ۲– نتایج اندازه‌گیری ظرفیت خازن حاوی دی‌الکتریک‌های پارچه‌ای.

نمونه‌ها	خازن ۴×۴		خازن ۶×۶		خازن ۱۰×۱۰		گذردهی
	d (mm)	C_T (pF)	d (mm)	C_T (pF)	d (mm)	C_T (pF)	
بدون دی‌الکتریک (هوا)	۱.۸۵	۱۴.۲	۲.۲	۲۲.۱	۲	۴۹.۱	۱.۳۱۶۷
با دی‌الکتریک پلیمری	۱.۷	۲۶.۲	۱.۷	۳۶.۵	۱.۴	۱۱۴.۹	۱.۸۸۱۰
S1	۰.۸۵	۷۰.۹	۱.۱۵	۶۳.۷	۲.۱۵	۵۵.۷	۱.۸۲۴۷
S2	۱.۲۰	۳۲.۷	۱.۴۵	۴۰.۷	۱.۷۰	۱۱۰.۳	۱.۹۸۲۹
S3	۱.۰۰	۴۰.۱	۱.۵۵	۳۹.۰	۱.۸۰	۸۵.۱	۱.۸۱۲۶
S4	۱.۰۰	۵۵.۴	۱.۳	۵۳.۷	۱.۵۰	۱۱۴.۷	۲.۰۶۵۸
S5	۱.۰۰	۳۷.۸	۱.۴	۴۱.۲	۲.۰۰	۹۵.۶	۱.۹۸۳۷
S6	۱.۱۰	۵۴.۵	۱.۱۵	۶۱.۶	۱.۶۰	۱۳۰.۴	۲.۲۸۸۵
S7	۰.۹۵	۳۵.۶	۱.۱۵	۴۴.۵	۱.۳	۱۲۲.۷	۱.۷۰۲۸

ظرفیت حاصل شده مورد اندازه‌گیری قرار گرفت.

بدین منظور و جهت ارزیابی و راستی‌آزمایی پیش‌بینی‌ها، خازن مناسب ساخته شد و پس از اندازه‌گیری ظرفیت واقعی آن، نمونه‌های تولید شده مورد آزمایش قرار گرفتند. الکترودهای خازن در سه اندازه ۴× ۴ ،۶× ۶ و ۱۰ ×۶ ، سانتیمتر تهیه گردید و نمونه‌ها در هر سه خازن سنجیده شدند تا تکرار برای یک نمونه دی‌الکتریک نیز انجام شود.

مشخصات نمونه‌های دی‌الکتریک پارچه‌ای بافته شده برای انجام آزمایش‌ها در جدول نشان داده شده است.

علاوه بر اندازه‌گیری خازن‌هایی با دی‌الکتریک‌های نمونه‌های ذکرشده در جدول ۱، خازن بدون دی‌الکتریک (شرایط خلأ یا هوا) و همچنین خازن با دی‌الکتریک فیلم پلیمری نیز برای مقایسه میزان گذردهی مدنظر قرار گرفت. نتایج به‌دست آمده از خازن ۴×۴ و همچنین نمونه اول، قابل استناد نبوده و از نتیجه‌گیری نهایی حذف شدند

۳–محاسبه ضریب دی‌الکتریک

محاسبه ضریب دی‌الکتریک بستگی به شکل ساختمانی حلقه و یافتن کسر سطحی و حجمی ماده دی‌الکتریک دارد.

کسر سطحی نمونه‌ها با استفاده از پردازش تصویر آنها در نرم‌افزار متلب به‌دست می‌آید(جدول ۳) ، اما برای محاسبه کسر حجمی نمونه‌ها، بایستی حجم حلقه را محاسبه نمود. بدین منظور، حلقه ساده یک‌رو سیلندر را با روابط ریاضی مدل‌سازی کرده و در نرم‌افزار متلب پیاده‌سازی گردید.

در این نرم‌افزار، مختصات کارتزین حلقه استخراج گردیده و با استفاده از نرم‌افزار سالید ورکز، حجم و طول حلقه شبیه سازی شده با کمترین میزان خطا برآورد شد

جدول ۴: مقایسه میزان گذردهی مؤثر دی‌الکتریک در روش‌های مختلف.

روش		S2	S3	S4	S5	S6	S7	Sa[1]	Sp[2]
کسر سطحی	حد پایین	۱,۰۹۲۴	۱,۱۰۲۶	۱,۱۰۵۵	۱,۱۴۲۸	۱,۰۹۶۷	۱,۱۰۸۵	۱	۱,۵
	حد بالا	۱,۵۵	۱,۶۰۵۰	۱,۶۲۰۴	۱,۸۱۲۳	۱,۵۷۳۱	۱,۶۳۶۴	۱	۱,۵
کسر حجمی	حد پایین	۱,۲۴۰۹	۱,۲۳۳۲	۱,۲۹۷۱	۱,۵۴۲۰	۱,۲۹۱۳	۱,۳۱۸۵	۱	۱,۵
	حد بالا	۲,۲۶۱۷	۲,۲۲۹۳	۲,۴۸۸۹	۳,۲۸۴۷	۲,۴۶۶۳	۲,۵۷۰۲	۱	۱,۵
عملی		۱,۹۸۲۹	۱,۸۳۲۵	۲,۰۶۵۸	۱,۹۸۳۷	۲,۲۸۸۵	۱,۷۰۲۸	۱,۳۱۶۷	۱,۸۸۱۰

و کسر حجمی ماده دی‌الکتریک محاسبه گردید (جدول ۱) در محاسبات حجم نخ، سطح مقطع آن دایروی فرض گردیده است.

جدول ۰- کسر سطحی و حجمی به‌دست‌آمده از پردازش تصویر متلب بر روی تصاویر نمونه‌ها.

نمونه‌ها	درصد هوا	درصد الیاف	نسبت الیاف در دی‌الکتریک	کسر حجمی برآورد شده با متلب
S1	٪۱۶,۱۸	٪۸۳,۸۲	-	-
S2	٪۱۰,۰۶	٪۸۹,۹۴	۰,۱۰۰۸	۰,۲۲۹۴
S3	٪۸,۶	٪۹۱,۴	۰,۱۱۰۳	۰,۲۲۳۵
S4	٪۱۳,۷۱	٪۸۶,۲۹	۰,۱۱۲۸	۰,۲۷۰۷
S5	٪۱۵,۲۶	٪۸۴,۷۴	۰,۱۴۷۷	۰,۴۱۵۴
S6	٪۱۳,۶۲	٪۸۶,۳۸	۰,۱۰۴۲	۰,۲۶۶۶
S7	٪۱۱,۴۸	٪۸۸,۵۲	۰,۱۱۵۷	۰,۲۸۵۵

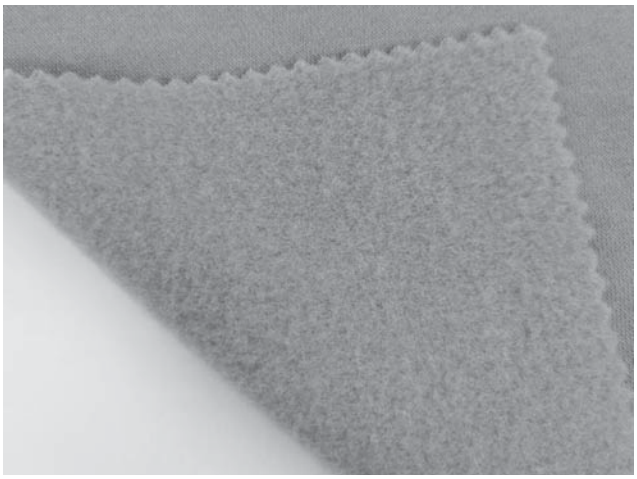
٤-نتایج و بحث

در این تحقیق، با در نظر گرفتن خصوصیات نمونه‌ها و با استفاده از روابط حاکم برای محاسبه گذردهی در مدل‌های کسر حجمی و سطحی(روابط ۱ و ۲)، گذردهی مؤثر منسوج دی‌الکتریک محاسبه گردیده است.(جدول ۴)

$$\varepsilon_{WL} = \frac{\varepsilon_r}{f + (1-f)\times\varepsilon_r} \quad (۱)$$

$$\varepsilon_{WU} = (1-f) + f\times\varepsilon_r \quad (۲)$$

در این روابط کسر حجمی مواد جامد دی‌الکتریک و برای یک مخلوط جامد-هوا و گذردهی f ماده جامد است. برای هر حالت قرارگیری اجزاء بین صفحات موازی



الکترود، مقدار گذردهی الکتریکی مخلوط بین این دو حد قرار دارد.

همان‌گونه که در جدول ۴ نشان داده شده است، مقدار عملی گذردهی موثر دی‌الکتریک بین حدود بالا و پایین محاسبه شده به روش کسر حجمی قرار می‌گیرد و این روش که بر اساس محاسبات طول حلقه است، نزدیکترین نتیجه را به نتایج عملی برآورد می‌نماید.

در حالیکه، چنین نتیجه‌ای در مورد نتایج محاسبه شده به روش کسر سطحی صدق نمی‌کند

بنابر این، مقدار برآورد شده برای ضریب گذردهی از طریق روش «کسر حجمی» دقیق‌تر از برآورد «روش سطحی» است.

این امر را می‌توان به موقعیت‌هایی نسبت داد که نخ‌ها در نمونه بر روی همدیگر قرار گرفته‌اند. کسر سطحی بر روی هم‌رفتگی نخ‌ها را لحاظ نمی‌کند درحالی که کسر حجمی، نخ‌ها را به‌صورت کامل در برآورد خود در نظر می‌گیرد.

نتایج تحقیقات قبلی نیز تایید می‌کند که در محاسبه ضریب دی‌الکتریک منسوجات، استفاده از کسر حجمی به جای هندسه بافت، نتایج مطلوبی را ارائه می‌دهد.

۵. نتیجه‌گیری

در این تحقیق، ضریب دی‌الکتریک پارچه‌های حلقوی پودی ساده مورد اندازه‌گیری و تجزیه و تحلیل قرار گرفت و نتایج آزمایشات تجربی با نتایج به‌دست آمده از طریق محاسبه کسر حجمی و روش سطحی مقایسه گردید.

نتایج این تحقیقات نشان داد که مقدار برآورد شده برای ضریب دی‌الکتریک از طریق روش «کسر حجمی» دقیق‌تر از برآورد «روش سطحی» است.

روش استفاده شده در این تحقیقات، محاسبه کسر حجمی با استفاده از طول حلقه و محاسبات پیچیده صورت گرفته است که نتایج به‌دست آمده تایید کننده مناسب بودن استفاده از روش کسر حجمی جهت محاسبه گذردهی و ضریب دی‌الکتریک سازه‌های لیفی است.

از این‌رو، جهت تسهیل این اندازه‌گیری و محاسبات، پیشنهاد می‌گردد که از گرم در متر پارچه برای محاسبه کسر حجمی استفاده گردد.

پی‌نوشت

۱-دانشکده مهندسی نساجی دانشگاه صنعتی امیرکبیر