سومین کنفرانس تخصصی سه شنبه و چهارشنبه ۲۹ و ۳۰ اردیبهشت ماه ۱۳۹۴
فناوری نانو در صنعت برق و انرژی

No. 15-F-AAA-0000

بررسی اثر نانو سیالات درسیستم های تحت تنش حرارتی در صنعت برق

حجت اله قربانی[۱] گئورگ قره پتیان[۲] فریور فاضل پور[۱] محمد جزینی[۳و۴]

[۱]دانشکده مکانیک،دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران جنوب، [۲]دانشکده برق دانشگاه صنعتی امیر کبیر [۳] باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان دانشگاه آزاد اسلامی واحدداماوند [۴]وزارت نیرو - شرکت برق منطقه ای تهران

smartgridblackbox@gmail.com

- **چکیده — در بررسی هایی که این گروه تحقیقاتی، برروی سیالات بکار رفته در صنعت برق به انجام رساند، ضمن بررسی کلیه سیستم هایی که با تنش های حرارتی و مکانیکی، سرو کار دارند. نقش فناوری هایی همچون فناوری نانو، برای بهبود عملکرد این سیستم ها مورد بررسی عملی و مورد تایید قرار گرفت..در این مقاله، گوشه ای از نتایج علمی حاصل از ساخت نانو سیالات برای نیروگاه ها، پست های برق فشار متوسط و فشارقوی، که توسط نویسندگان مقاله طراحی و اجرا گردیده است، بیان می گردد. همچنین یک روش مطمئن ساخت سیالات نیروگاهی، مبتنی بربهبود با نانو مواد، ارائه می گردد.[۱]**
- **واژه‌های کلیدی — تنش حرارتی ، کانتکت، ژنراتور ، روغن**، تلفات
- مقدمه:

محل اتصالات مکانیکی درتاسیسات الکتریکی، همیشه دارای چند چالش مهم است:

۱- تلفات مکانیکی

۲- تلفات حرارتی

۳- قوس الکتریکی

در هر سه بخش مذکور، سیالات نخش مهمی را برعهده دارند لذا در جهت افزایش کارایی آنها، به روش های نوینی از جمله یکارگیری نانو مواد در سیالات نیروگاهی رجوع می نماییم.[2]

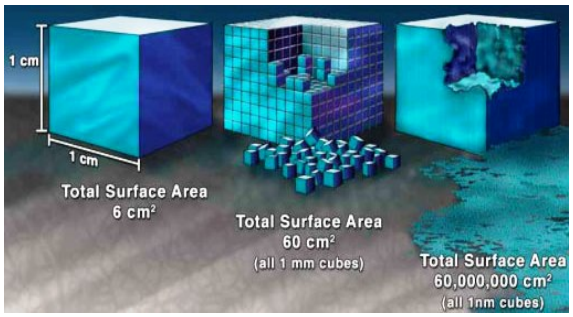
- نانو سیالات:

سیالات با پتانسیل بسیار زیاد در کاردبرهای صنعتی هستند. اندازه ذرات مورداستفاده در نانو سیالات از ۱ نانومتر تا ۱۰۰ نانومتر می‌باشد. این ذرات از جنس ذرات فلزی همچون مس (Cu), نقره (Silver)و... ویا اکسید فلزی همچون آلومینیوم اکسید(Al_2O_3), اکسید مس (CuO)و... هستند. سیالات متداولی که در زمینه انتقال حرارت استفاده می‌شوند ضریب هدایت حرارتی پایینی دارند. ذرات نانو به دلیل بالا بودن ضریب هدایتی شان با توزیع در سیال پایه باعث افزایش ضریب هدایت حرارتی سیال، که یکی از پارامترهای اساسی انتقال حرارت محسوب می‌شود، می گردند. هنگامی که نانو ذرات بصورت محلول در سیالات پخش می گردند به محلول سوسپانسیون نانو ذرات[1]، نانو سیال گفته می شود. شکل1. نانو سیالات که از توزیع ذرات با ابعاد نانو در سیالات معمولی حاصل می‌شوند.

[1] Nanoparticle

شکل۱:تهیه نانو سیالات

نانو ذرات سطوح تماس نانو سیال را تا ۱۰ میلیون برابر افزایش می دهند. شکل۲ . این به تنهایی موجب افزایش بسیاری از خواص سیالات می گردد.



شکل۲:مقایسه سطوح ذرات مختلف با نانو ذرات

الزاماً نانو سیالات درتاسیسات الکتریکی، می بایست دو ویژگی مهم را بهبود بخشند:

۱- افزایش رسانایی حرارتی

۲- افزایش مقاومت الکتریکی

۱- ارائه معادله حالت برای سیالات محدود شده در فضای نانو

به لحاظ اهمیت و کاربرد وسیع سیالات محدود شده در زمینه های مختلف علمی و صنعتی، خواص ترمودینامیکی این سیالات مورد بررسی قرار گرفته است. مطالعه این سیالات با نظریه تابعی چگالی نشان داد که توزیع آنها درنانوحفره ها غیر یکنواخت و ناهمگن است و سیال تمایل شدیدی به قرار گرفتن درکنار دیواره دارد. از نقطه نظر مکانیک آماری باید سه عامل:

۱- اثرات سطحی

۲- شکل سایز نانوحفره (برد برهمکنشهای بین مولکولی)

۳- اثرات آنتروپی

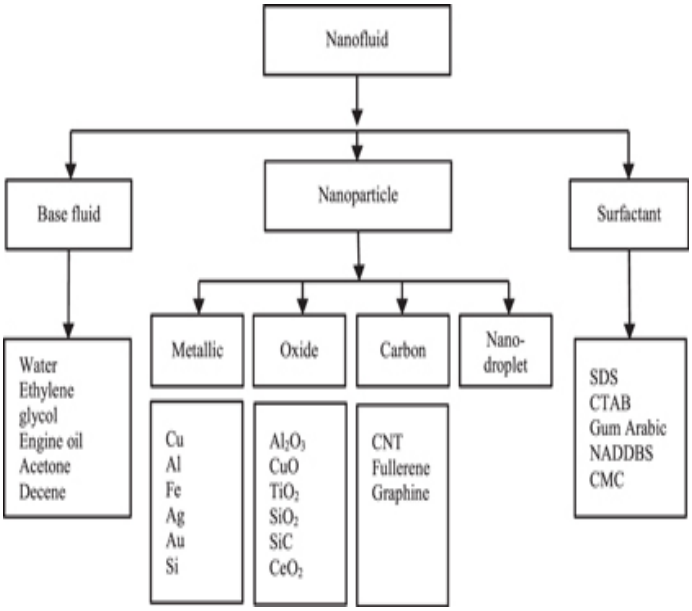
را مد نظر داشت. با توجه به این سه عامل و تابع توزیع چگالی این سیالات، معادله حالتی بدست می آید که قادر به پیش بینی خواص ترمودینامیکی سیال محدود شده می باشد، با استفاده از معادلات حالت دمای بحرانی، نمودارهای انتقال فاز و فشار سیالات محاسبه می شود. این معادله همچنین روندهای خطی قطرهای محدود به خط راست ، خط زینو و فاکتور تراکم پذیر را پیش بینی می کند.

۲- تقسیم بندی نانو سیالات:

نانو سیالات تاسیسات الکتریکی به چند گروه عمده در نیروگا ها تقسیم می گردند:

۱- روغن ها

۲- انواع سیالات با پایه آب. شکل۲



شکل۳: تقسیم بندی نانو سیالات

مزیت های عمومی استفاده از نانو سیالات در نیروگاه ها به شرح زیر است.

کاربرد سیالات روغنی در نیروگاه ها
۱. حفاظت از خوردگی و اکسایش
۲. عایق حرارتی و الکتریکی و خاموش کننده قوس الکتریکی
۳. انتقال دهنده حرارت و افزایش سرعت خنک کردن پره های توربین و شینه ها و بدنه ژنراتورها .
۴. افزایش روانکاری روغن به میزان قابل ملاحظه.
۵. خاموش کردن قوس الکتریکی در کلید برق
۶. عدم خوردگی و ساییدگی تیغه های توربین

شکل۵

با فروبردن قطعات فلزی در روغن یا آب کاری و ... برای حفاظت از خوردگی و اکسایش قطعات فلزی استفاده می شود.

حتی بعد از آبکاری، تمام اتصالات الکتریکی بایستی مورد روغن کاری حفاظتی در برابر اکسایش قرار گیرند در این موارد نانو روغن ها بسیار مورد استفاده قرار می گیرد و نتایجی بسیار مطلوبتری نسبت به روغن بدون افزودنی های نانویی در بر دارد.

- دیگرروش های بهبود عملکرد در نیروگاه ها با بهره برداری از نانو سیالات :

۱- کاهش انفجار ها در کلید های فشار قوی:

انفجار هایی که در بریکرهای نیروگاهی رخ می دهد عمدتاً بر اثر چند علت عمده در سیالات بکار رفته در این نوع از تجهیزات می باشد، رخ می دهد:

۱- حرارت بسیار بالای تولیدی بر اثر قوس الکتریکی و عدم تحمل روغن کلید و کابل یا ترانسفورماتور.

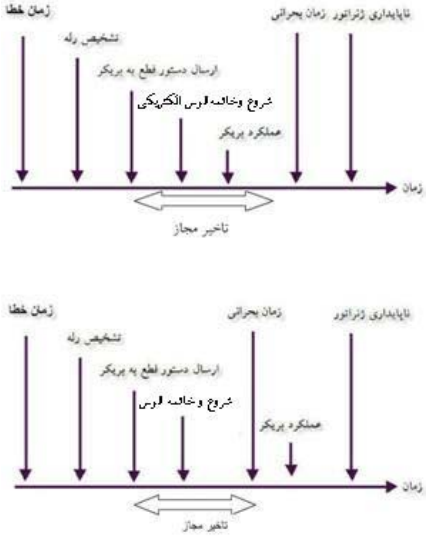
۲- حضور حباب های هوا در روغن محفظه خاموش کننده که منجر به حرارت بسیار بالا تولیدی بر اثر قوس الکتریکی در کسری از ثانیه می شود.

بیشترین تاثیر منفی قوس الکتریکی در میان کلید های پست های برق، بر روی بریکرهای پست های نزدیک به محل خطا می باشد. زیرا هر چه به محل خطا نزدیک می شویم جریان شدت بیشتری می یابد. لذا بایستی اتصال کوتاه های شدیدتری را نسبت به بریکر پست های دور تر به محل خطا و همچنین جا سازی محل خطا را در زمان کوتاه تری انجام دهند. لذا زمانبندی عملکرد رله و کلید در زمان بروز خطا بسیار اهمیت دارد. اما پرامتر سومی نیز در زمان رفع خطا باعث طولانی تر شدن زمان جدا سازی مکانیکی منطقه معیوب می گردد.

اگردر کلید های قدرت، در لحظه قطع، قوس الکتریکی آنقدر طولانی گردد تا زمان قطع خطا به اندازه ای نباشد که از میزان تحمل مکانیکی و الکتریکی سیالات خاموش کننده قوس الکتریکی فراتر رود، آسیب های شدیدی را به تجهیزات الکتریکی وارد می آورد که شدید ترین آنها انفجار کلید واحدهای نیروگاهی می باشد. چرا که کلید های برق نیروگاهها به دلیل نزدیکی به منبع، متحمل جریان های اتصال کوتاه بسیار شدید تری نسبت به بقیه کلید های هم تیپ خود در نقاط دیگر شبکه هستند.

از طرفی با طولانی شدن زمان رفع خطا که ناشی از قوس الکتریکی است، روغن های خاموش کننده پاسخگوی دما های بالای بوجود آمده نمی باشند. لذا در اینجا نیز کاربرد نانو سیالات در افزایش تحمل دمایی سیال روغنی هم حجم خود بسیار موثرتر می باشد. شکل ۴

در بررسی هایی که این گروه تحقیقاتی، برروی حوادث ده ساله اخیر که برای سلول های حاوی کلید های برق پست های فوق توزیع و انتقال، در محدوده استان های تهران، البرز، قم (محدوده شرکت برق منطقه ای تهران) انجام داد مشخص گردید، وقوع قوس الکتریکی منجر به انفجار، درست زمانی است که رسانایی تیغه های بریکر به اندازه کافی نباشد که این خود، باعث افزایش زمان بحرانی عملکرد بریکر و منجر به افزایش احتمال بروز حوادثی همچون انفجارهای مهیب خواهد شد. افزایش زمان بحرانی بدلیل بلند بودن طول قوس الکتریکی و عدم عملکرد نا مناسب و خارج از تحمل روغن و سیالات خاموش کننده آن می باشد .



شکل ۴: زمانبندی عملکرد کلید در زمان خطا

در جهت افزایش سرعت قوس الکتریکی و بدنبال آن خاموش شدن زودتر قوس الکتریکی و در نهایت عملکرد سریعتر کلید، بخصوص در زمان بروز خطا، افزایش رسانایی اتصالات و نانو سیالات بسیار موثر است.

۲-افزایش انتقال حرارت در جریان آرام نانوسیال روغن و انتقال حرارت- نانو لوله های کربنی داخل لوله مارپیچ:

افزایش انتقال حرارت اجباری در اثر افزودن نانو لوله های کربنی به روغن انتقال حرارت در ناحیه ی ورودی حرارتی برای جریان آرام و در شرایط دمای دیواره ی ثابت، به صورت تجربی مورد بررسی قرار گرفته است. آزمایش ها برای جریان روغن خالص و نانو سیالات مختلف درون لوله های مستقیم و مارپیچ انجام شد. دامنه وسیعی از پارامترهای مختلف مورد توجه قرار گرفته است: عدد رینولدز بین ۱۰ تا ۱۹۰۰ ، عدد دین بین ۵ تا ۴۰۰ ، گام کویل به قطر لوله از ۶/۱ تا ۱/۶ قطر کویل به قطر لوله بین ۱/۱۴ تا ۵/۲۰ متغیر بوده است. همچنین جهت بررسی تاثیرنوع سیال، روغن انتقال حرارت به همراه سه نانوسیال روغن انتقال حرارت- نانو لوله های کربن با غلظت های جرمی ۱/۰ ، ۲/۰ و ۴/۰ درصد به عنوان سیالات کاری در نظر گرفته شدند . بر اساس نتایج این تحقیق، جریان بالا سو، افزایش غلظت ذرات نانو و نسبت گام کویل به قطر لوله و در عین حال کاهش پارامتر بی بعد قطر کویل به قطر لوله سبب افزایش انتقال حرارت می گردد. همچنین به کار بردن لوله های مارپیچ به جای لوله های مستقیم، سبب افزایش چشمگیر نرخ انتقال حرارت می گردد.

۳- جبران افت فشاردرجریان آرام نانوسیال نانولوله کربنی- روغن انتقال حرارت درلوله بامیکروفین مارپیچ:

افزایش افت فشاردراثر افزودن نانولوله کربنی چنددیواره به روغن انتقال حرارت بصورت تجربی درشرایط دما ثابت مورد بررسی قرارگرفت آزمایشها برای جریان روغن انتقال حرارت و نانوسیالات مختلف درون دو نوع لوله مارپیچ ساده و مارپیچ میکروفین دار با سه نسبت شعاع انحنا بی بعد $R/d=25,30,35$ ۲انجام گرفت برای رسیدن به شرایط دما ثابت تمام لوله مارپیچ مورد آزمایش در فضای بالای تانک که حاوی بخار اشباع می باشد قرار گرفت روغن انتقال حرارت HT-B به همراه سه نانوسیال روغن انتقال حرارت MWCNT با غلظت های جرمی ۱/۰و۲/۰و۴/۰ درصد به عنوان سیالات کاری درنظر گرفته شدند مشاهده شد که برای لوله مارپیچ ساده و میکروفین دار با افزودن نانوذرات به سیال پایه میزان افت فشار جریان به افزایش پیدا می کند همچنین افت فشاردرتمامی غلظت های نانوسیال و نیز درتمامی شعاع انحناهای بی بعد لوله مارپیچ میکروفین دار بیشتر از لوله مارپیچ ساده می باشد و این امر به خاطر وجود جریان چرخشی دراثر وجود میکروفین ها می باشد.

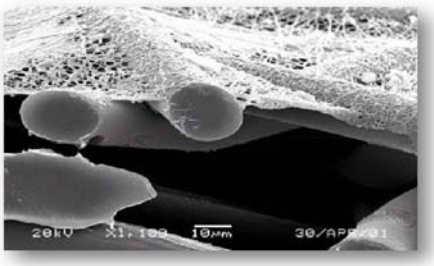
۴- استفاده از نانوسیال در افزایش میزان خنک کاری لوله ها بواسطه جریان عبوری آب:

انتقال گرما از مجموعه لوله های عمود بر جریان کاربردهای صنعتی فراوانی مانند تولید بخار در دیگ بخار یا سرمایش هوا در کویل تهویه مطبوع دارد بهبود خواص حرارتی سیالات نقش مهمی در افزایش میزان بهره وری سیستمهای گرمایی و صنایع

مرتبط دارد. امروزه با استفاده از نانوتکنولوژی نوعی سیال تولید میشود که دارای خواص بسیار مطلوب حرارتی می باشد. این نوع سیال که نانوسیال نامیده میشود مخلوطی از ذرات بسیار ریز جامد (درابعادنانومترو) و سیال می باشد. نانوسیالها به خاطر دارا بودن خواص حرارتی بالا در مقایسه با سیالات معمولی دارای پتانسیل بالایی برای تبدیل شدن به محیط جدید انتقال حرارت و به تبع آن کاربردهای مهندسی هستند.افزایش میزان انتقال حرارت در نانو سیالها تابعی از درصد نانوذرات و نوع آنها میباشد در این مطالعه اثرات استفاده از نانوسیال در افزایش میزان انتقال حرارت در اطراف دسته لوله با آرایشهای مستطیلی ومثلثی برای جریان آرام به صورت عددی توسط روش حجم محدود بررسی شده ونتایج برای درصدهای مختلف نانوذرات و دبیهای مختلف سیال بدست آمده است.نتایج بدست آمده دارای تطابق خوبی با نتایج تجربی است .[10]

۵- بازیافت انرژی از گازهای دودگش توسط فرآیندهای نوین غشایی:

امروزه کارخانجات صنعتی مقدار زیادی بخار آب را از طریق دودگش به اتمسفر تخلیه می‌کند، این بخار آب می‌تواند منبع بالقوه‌ای برای تامین انرژی و آب لازم کارخانجات باشد در حالی که اگر بازیافت نشوند سبب افزایش دمای جو می‌شوند.



شکل۶: نانوفیلترها تا ابعاد ۴۰۰ نانو متر

در این مقاله به بررسی شبیه‌سازی عددی فرآیند جداسازی بخار آب از گاز دودگش در مبدل چگالنده‌ی غشایی با استفاده از دینامیک سیالات محاسباتی پرداخته شده است. جدار لوله‌هایغشایی از ماده خاص متخلخلی طراحی گردیده که قادر به استخراج مایع چگالیده شده از گاز دودکش می‌باشد. لوله‌های غشایی در طول مدتی که بخار آب از گاز دودکش هدر می‌رود آن را جذب و بازیابی می نمایند و از گرمای محسوس و نهان هدر رفته به طور مجدد استفاده می‌کنند. و آب پاک به سیستم برمی‌گردد. لوله‌های غشای سرامیک نانو متخلخل، آب را از طریق مکانیزم چگالش مویینگی جذب می‌کنند. جداسازی در سرامیک‌های نانومتخلخل راحت‌تر از ذخیره کننده‌های لوله‌های با پره‌های فولادی معمولی اتفاق می‌افتد. نتایج شبیه‌سازی نشان داد، اگر جریان گازهای هدررفت از صنایع حالت عادی داشته باشند (یعنی دمای بین ۶۰ تا ۹۰ درجه سانتی‌گراد و رطوبت بین ۱۰ تا ۲۰ درصد) می‌توان با کاهش دما حدود ۱۰ درجه سانتی‌گراد ۲۰ درصد از آب هدر رفته از صنایع را بازیابی کرد. نتایج شبیه‌سازی همچنین نشان داد مبدل چگالنده‌ی غشایی دارای ضرایب انتقال جرم و حرارت به ترتیب ۷۰و ۵۵ درصد بزرگتر از مبدل حرارتی می‌باشد[.۱۱].

۶- افزودن نانو لوله های کربنی در جهت بهبود ویسکوزیته روغن :

در این مقاله ما به صورت آزمایشگاهی و تئوری اثر پارامترهای دما و غلظت روی اندیس ویسکوزیته نانو سیالات روغن پایه موتور – نانو لوله کربنی دیواره و چند دیواره را مورد تحقیق قرار داده ایم. داده ها برای غلظت و دما به ترتیب در رنج ۲/۰–۱/۰ درصد وزنی و ۱۰۰–۲۵ درجه سانتی گراد جمع آوری شده اند. نتایج آزمایشات نشان می دهد که ویسکوزیته سینماتیکی این نانو سیالات با افزایش غلظت ذرات و کاهش دما ارتقا می یابد. برای روغن پایه حاوی نانو لوله های کربنی چند دیواره بیشترین افزایش به میزان ۴۴/۱۱ درصد وزنی بدست آمده است. استفاده از فرمول اینشتن و فرمولهای مشتق از آن در محاسبه ویسکوزیته نانو سیالات در غلظتهای پایین نتایج مقبولی را بدنبال خواهد داشت به گونه ای که در غلظت ۱/۰ درصد وزنی این معادله تنها ۱۴/۰ درصد خطا نسبت به نتایج آزمایشگاهی خواهد داشت در حالی که با افزایش غلظت میزان انحراف داده ها از مقادیر خطی وابسته به غلظت ذرات بیشتر خواهد شد.[12]

۷- بررسی انتقال حرارت نانو سیالات و کاربردهای آن در صنعت نیروگاهی:

از جمله خواص تحت تاثیر از فناوری نانو می توان به خواص شیمی فیزیکی ذرات نانومتری و سیالات حاوی آنها اشاره نمود که نسبت به موادماکرو مولکولی تفاوتهای فراوانی دارند کاربرد ذرات جامد در یک سیال به عنوان عامل افزایش ضریب رسانایی حرارتی می باشد به دلیل انکه این سیال باید در مسیر خود گلوگاهها و گذرگاههای متعددی را طی نماید و باعث بروز مشکلاتی نظیر رسوبگذاری و سایش می شود لذا موفقیتهای جدید در فناوری نانو موجب شده است که مخلوطهای جدید ی با ذرات جامددر ابعاد نانومعلق در سیالات بوجود ایند که نانوسیال نامیده میشوند ایننانوذرات شناور می توانند باعث تغییر در خواصحرارتی و انتقالی سیالات پایه شوند و درعین حال مشکلات یاد شده را برای سیستم به دنبال نداشته باشند. رسانایی گرمایی یکی از پارامترهای مهم درعملکرد حرارتی یک سیال عامل انتقال حرارت می باشد مطالعات اخیر نشان میدهد که نانوسیالات دارای انتقال حرارت بالا می باشند که این ویژگی خاص نانوسیالات است که کاربرد آنها را در صنعت برای ما روشن تر می سازدما برانیم تا دراین مقاله انتقال حرارت نانوسیالات را بررسی کرده و به کاربردهای آن در صنعت بپردازیم.[13]

۸- نقش ذرات نانو در افزایش ضریب انتقال حرارت سیالات

یکی از مهمترین پارامترها برعملکرد یک سیال در تجهیزات مربوط به انتقال حرارت، ضریب انتقال حرارت میباشد.با توجه به بالاتر بودن ضریب انتقال حرارت رسانشی فلزات نسبت به مایعات، میتوان با استفاده از ذرات جامد فلزات، میزان انتقال حرار ترسانشی را افزایش داد. ولی با به وجود آمد مشکلاتی نظیر گرفتگی مسیرها، سایش و رسوبگذاری، نانوسیالات مورد توجه بیشتری قرار گرفتند. نانوسیالات بیشتری کاربرد را در مبدلهای حرارتی دارند و در صورتیکه به طور صحیح ودر شرایط مناسب از آن استفاده شود، میتواند باعث افزایش ۵۰ تا ۶۰ درصدی ضریب انتقال حرارت جابجایی ودر مواردی تا دو برابر این مقدار در ضریب انتقال حرارت هدایتی اثر بگذارد.

۹- خنک کردن ادوات الکترونیکی نیروگاه:

فناوری رایانه‌ای هر روز در حال رشد است به طوری که سطح زندگی انسان‌ها را دگرگون کرده است. کاربران کامپیوترها انتظار دارند که سرعت این ادوات افزایش یابد. این در حالی است که با بالا رفتن کارایی کامپیوترها مقدار گرمای تولید شده در آن‌ها نیز افزایش می‌یابد. در صورتی که این گرما از کامپیوتر خارج نشود موجب کاهش سرعت و حتی خاموش شدن آن می‌شود. محققان اخیراً از سیال حاوی نانوذرات برای خنک کردن بردهای الکترونیکی استفاده کرده‌اند.

استفاده طولانی مدت از رایانه و بردهای الکترونیکی، موجب گرم شدن قطعات کوچک داخل آن می‌شود. آن‌ها برای رفع این مشکل از نانوسیالی استفاده کردند که به قطعات الکترونیکی این ادوات کمک می‌کند تا سریع‌تر خنک شوند. این گروه از نانوذرات فلزی مانند اکسید مس درسیالات خنک کننده نظیر آب افزوده می شود.نانوسیالات قدرت خنک کنندگی بیشتری نسبت به آب داشتند.[14]

۱۰- بررسی تجربی اثر افزودنی‌های نانوذرات روی عملکرد حرارتی روغن ترانسفورماتور

ترانسفورماتورها یکی از پرکاربردترین تجهیزات الکتریکی هستند که در بسیاری از صنایع مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرند. خنک کردن ترانس از اهمیت خاصی برخوردار است زیرا علاوه بر طول عمر دستگاه بر عملکرد آن نیز موثر است. در ترانسفورماتورهای روغنی برای دفع حرارت ایجاد شده توسط سیم پیچ‌ها و سایر عوامل از روغن مخصوصی استفاده می‌شود.در این ترانس‌ها تمام تجهیزات داخلی در این روغن غوطه‌ور هستند. در سال‌های اخیر استفاده از نانو سیال برای بهبود انتقال حرارت در سیستم‌های مختلف گسترش زیادی یافته است.با توجه به

اینکه ذرات جامد هدایت حرارتی بالایی نسبت به سیالات دارند، وجود آن‌ها داخل سیال باعث افزایش بازده حرارتی می‌شود. با وجود مطالعات انجام شده درباره انتقال حرارت جابجایی آزاد در کشور، تحقیق حاضر اولین تحقیق صورت گرفته در مورد اثر افزودن نانو ذرات به روغن ترانس بر انتقال حرارت آن از یک محفظه مستطیلی شکل با منبع حرارتی داخلی است. بعد از طراحی و ساخت سیستم آزمایشگاهی مشابه یک ترانسفورماتور، از دو نانو سیال اکسید آلومینیوم-روغن ترانس و اکسید سیلیسیوم-روغن ترانس برای انجام آزمایش استفاده شد. انتقال حرارت توسط سیال درون محفظه با محیط بیرون به صورت جابجایی آزاد انجام می‌گیرد. آزمایشات در چندین غلظت از نانو ذرات و شار حرارتی مختلف صورت گرفته است. نتایج بدست آمده نشان می‌دهد که افزودن نانو ذرات به سیال پایه روغن ترانسفورماتور به طور کلی باعث کاهش ضریب انتقال حرارت می‌شود و در نتیجه انتقال حرارت به صورت جابجایی آزاد کاهش می‌یابد. هر چه غلظت نانو ذرات بیشتر شود کاهش ضریب انتقال حرارت بیشتر می‌شود، همچنین با افزایش عدد ریلی در هر غلظت از نانو سیال ضریب انتقال حرارت جابجایی افزایش می‌یابد. در بین این دو نوع نانو ذره عملکرد نانو ذرات اکسید آلومینیوم بهتر از نانو ذرات اکسید سیلیسیوم بوده است یعنی در محدوده عدد ریلی مشابه ضریب انتقال حرارت نانو سیال آلومینا بیشتر از نانو سیال اکسید سیلیسیوم است. به عنوان مثال در غلظت ٪ ۸/۰ **wt** و محدوده ریلی ۱أ۱۰۷-۱/۳-۱/۲أ۱۰۷ ضریب انتقال حرارت برای نانو سیال آلومینا و اکسید سیلیسیوم نسبت به سیال پایه به ترتیب کاهش۸ درصدی و ۱۰/۴ درصدی داشته است. البته برای نانو سیال روغن- آلومینا در غلظت ٪ ۲/۰ **wt** ضریب انتقال حرارت جابجایی نسبت به روغن خالص افزایش یافته و باعث بهبود انتقال حرارت جابجایی آزاد شده است. به طور مثال در محدوده ریلی ۱۰۶أ۹-۱۰۶أ۸ موجب افزایش ۴/۱ درصدی شده است.[15]

- نتیجه گیری:

- برای رسیدن به قابلیت اطمینان لازم و بر اساس حساسیت پست ها و رعایت پدافند غیر عامل[۱۰]، می بایست با شبیه سازها، اندازه گیری و آزمایشهای تجربی را صحت سنجی نمود. و بعد از حصول قابلیت اطمینان، این تجهیزات را در توسعه پست ها بکار گیری نمود.

- طراحی تجهیزات برق با رویکرد فناورانه به مواد نانو و بکارگیری آنها در صنعت نیروگاهی باعث رفع مشکلات بسیاری در حوزه برق و انرژی می گردد. ازجمله این تجهیزات، بریکر که همان کلید های قابل قطع در اتصال کوتاه و مدارشکن جریان های خطا می باشد. بکارگیری فناوری نانو در روغن و کنتاکت های اتصال دو سوی این کلیدها بسیارموثر می باشد. همچنین می توان موارد بهبود زیر را بیان نمود:

۱- کاهش قابل ملاحظه دراندازه مجاری خنک کاری توربین.

۲- افزایش طول عمر و کاهش سرویسهای تعمیر و نگهداری(PM[۲]).

۳- صرفه جویی قابل ملاحظه در میزان قطعات دفرمه شده ناشی از آسیب های حرارتی و مکانیکی.

۴- صرفه جویی قابل ملاحظه در هزینه تعویض قطعات الکتریکی مانند ترانسفورماتور، خازن، .. و برد ها و قطعات الکترونیکی به سبب عدم تحمل حرارتی در دراز مدت و کاهش عمر مفید عایق ها و مواد بکار رفته.

منابع:

[۱] جان جی پروکیس، مسعود صالحی - مخابرات دیجیتال - ترجمه:محمد کلانتری -فدک ایساتیس، ۱۳۸۹.

[۲] رولف اوهیوملـ خواص الکترونی مواد- ترجمه: بهروز صالح پور-دانشگاه تبریز،۱۳۷۲.

[2] Preventive(Periodical) Maintenance

[۳] طهماسیقلی شاهرخشاهی- کلیدهای فشار قوی - دانش وفن،۱۳۶۲.

[۴] فرهاد یزدی-سید محمد هاشمی- مرتضی بهادری- بررسی اتصالات مکانیکی در سیستمهای قدرت- فرهنگ دانشجو ، ۱۳۹۰.

[۵] محمد جزینی"پایش شبکه هوشمند برق BlackBox SmartGrid با ابزار در بستر یکپارچه Gis online "، سمینار شبکه های هوشمند مکانیکی ، دانشگاه خواجه نصیر طوسی، تهران، ۱۳۹۰.

[۶] بررسی اثر میدان مغناطیسی و نانوسیال روی عملکرد حرارتی نویسنده : صالحی ، هادی ،استاد اهنما : نوعی ، حسین ، زینالی ، سعید ، رشته تحصیلی : مهندسی شیمیتاریخ دفاع . ۱۳۸۸

[7] G. Dieter, Mechanical Metallurgy, McGraw-Hill, 1986.

[8] E.O. Hall, Proc. Phys. Soc. London, Vol. 643, p747, 1951.

[9] N.J. Petch, J. Iron Steel Inst. London, Vol. 173, p.25, 1953.

[10] Khalil Khanafer, Kambiz Vafai, A critical synthesis of thermophysical characteristics of nanofluids, International Journal of Heat and Mass Transfer 2012, Volume 54, Issue 19-20, pp 4410-4428, http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0017931011002699

[11] R. Saidur, K. Y. Leong, H. A. Mohammad, A review on applications and challenges of nanofluids, Renewable and Sustainable Energy Reviews 2011, Volume 15, Issue 3, pp 1646-1668, http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032110004041

[12] Zoubida Haddad, Hakan F. Oztop, Eiyad Abu-Nada, Amina Mataoui, A review on natural convective heat transfer of nanofluids, Renewable and Sustainable Energy Reviews 2012, Volume 12, Issue 7, pp 5363-5378, http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032112002602

[20] A. V. Kuznetsov, D. A. Nield, Natural convective boundary-layer flow of a nanofluid past a vertical plate, International Journal of Thermal Sciences 2010, Volume 49, Issue 2, pp 243-247, http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1290072909001677

[13] D. A. Nield, A. V. Kuznetsov, The Cheng–Minkowycz problem for natural convective boundary-layer flow in a porous medium saturated by a nanofluid, International Journal of Heat and Mass Transfer 2009, Volume 52, Issue 25-26, pp 5792-5795, http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S001793100900458X

[14]A. Behseresht, A. Noghrehabadi, M. Ghalambaz, Natural-convection heat and mass transfer from a vertical cone in porous media filled with nanofluids using the practical ranges of nanofluids thermo-physical properties, Chemical Engineering Research and Design 2014, http://dx.doi.org/10.1016/j.cherd.2013.08.028

[15] A. Noghrehabadi, M. Ghalambaz and A. Ghanbarzadeh, Effects of Variable Viscosity and Thermal Conductivity on Natural-Convection of Nanofuids Past a Vertical Plate in Porous Media, Journal of Mechanics 2014, DOI: 10.1017/jmech.2013.61