خبرنامه

توسعه فناوری

ابررساناها در صنعت برق

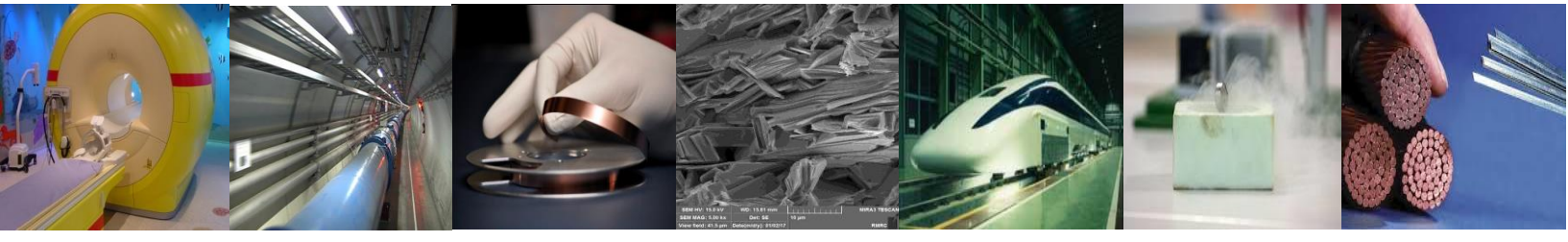
خبرنامه شماره ۱

تابستان ۱۳۹۷

پژوهشگاه نیرو

گروه پژوهشی مواد غیر فلزی

پژوهشگاه نیرو



صاحب امتیاز:
پژوهشگاه نیرو

مدیر مسئول:
حسین کوهانی

همکاران این شماره:
پریسا جبارنژاد
حسام فلاح آرانی

فهرست مطالب

آشنایی با ابررساناها	صفحه ۲
سند راهبردی توسعه‌ی فناوری ابررسانا در صنعت برق	صفحه ٤
گفتگو با دکتر مجتبی ناصح	صفحه ۹
گفتگو با دکتر حسام فلاح آرانی	صفحه ۱۱
درخت فناوری ابررسانا در صنعت برق	صفحه ۱۳
خواص کاربردی ابررساناها	صفحه ۱۵
اخبار	صفحه ۲۰
معرفی کتاب	صفحه ۲۲

نشانی: شهرک قدس، انتهای بلوار شهید دادمان، پژوهشگاه نیرو، گروه پژوهشی مواد غیرفلزی
شماره تلفن: ۸۸۰۷۹٤٤۷ و ۸۸۵۷۸۸۳۷
شماره فکس: ۸۸۰۷۹٤٤۷

ایمیل: superconductors@nri.ac.ir

آشنایی با

ابررساناها

Superconductors

ابررسانایی در سال ۱۹۱۱ در آزمایشگاه لیدن کشف شد. اچ. کامرلینگ اونس به هنگام مطالعه وابستگی دمایی مقاومت ویژه الکتریکی نمونه ای از جیوه، مشاهده کرد که در دمای T^* نزدیک به ۴ کلوین مقاومت نمونه ناگهان به صفر سقوط می‌کند و در همه دماهای دسترس پذیر زیر T^*مقاومت دیگر قابل اندازه گیری نیست. نکته مهم این که با کاهش دما مقاومت ناگهان به صفر می‌رسید نه به تدریج، آشکار بود که نمونه باید دستخوش گذاری به حالت جدیدی با مقاومت الکتریکی صفر شده باشد که در آن زمان ناشناخته بوده است. این پدیده را **ابررسانایی** نامیدند. این مواد علاوه بر مقاومت الکتریکی صفر، دیامغناطیس کامل نیز هستند به عبارت دیگر در این حالت ماده میدان مغناطیسی را از خود دفع می‌کند که همین ویژگی به آنالیز و توسعه کاربردهای این مواد کمک بسیاری کرده است. اگر ماده رسانای کامل باشد میدان مغناطیسی درون ماده ثابت است اما در مواد ابررسانا میدان مغناطیسی همواره صفر است. در رساناها معمولا با کاهش دما بتدریج مقاومت الکتریکی کاهش پیدا می‌کند و در حضور ناخالصی ها این روند کندتر است و حتی در صفر مطلق هم تا حدی مقاومت الکتریکی وجود دارد. اما در ابررساناها وقتی دما از حدی پایین تر باشد ماده دیگر مقاومت الکتریکی ندارد. در مدت کوتاهی پس از کشف ابررسانایی در جیوه، این خاصیت در سایر فلزات، مانند: قلع، سرب، ایندیم، آلومینیوم، نیوبیم و غیره یافت شد. همچنین معلوم شد که تعداد زیادی آلیاژ و ترکیبات بین فلزی نیز ابر رسانا هستند.

از کشف ابررسانایی در سال ۱۹۱۱ میلادی تا سال ۱۹۸۶ ، باور عموم بر آن بود که ابررسانایی فقط می تواند در فلزاتی در دماهای بسیار پایین وجود داشته باشد که فقط در دماهای حداکثر ۲۵ درجه بالای صفر مطلق اتفاق می افتاد. کشف ابررسانایی در دماهای بالاتر در سال ۱۹۸۶، در موادی که تقریبا ضد فرو مغناطیسی بودند، فصل جدیدی در علم فیزیک باز کرد. در دهه‌های اخیر با توجه به افزایش جمعیت کره زمین و صنعتی شدن جوامع، افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای، کاهش ذخایر سوخت‌های فسیلی و گسترش مصرف سوخت‌های فسیلی، حوزه انرژی و ارتباط آن با مواد پیشرفته مورد توجه قرار گرفته است. دو استراتژی عمده مطرح در این راستا، شامل کاهش وزن سیستم‌ها و کاهش انرژی تلف شده است که با کمک مواد ابررساناهای دما بالا می‌توان ابعاد و وزن سیستم را کاهش و انرژی تلف شده به ویژه تلفات اهمی سیستم را کاهش داد.

عمده مصرف مواد ابررسانا در نیازهای مختلف صنعت و مراکز تحقیقاتی و پژوهشی به علت توانایی آنها در رسانش جریان الکتریکی بدون حضور مقاومت می باشد. ابررساناها نسبت به رساناهای معمولی دارای چهار وجه اساسی متمایز هستند:

- این مواد بدون هدر دادن انرژی، الکتریسیته را هدایت میکنند.
- ابررساناها به سبب اینکه مقاومت الکتریکی ندارند گرم نمیشوند بنابراین عمر مفید بیشتری دارند.
- ابررساناها توانایی در تولید میدان‌هایی مغناطیسی قوی دارند.
- ساخت پیوندهای جوزفسون Josephson Junctions

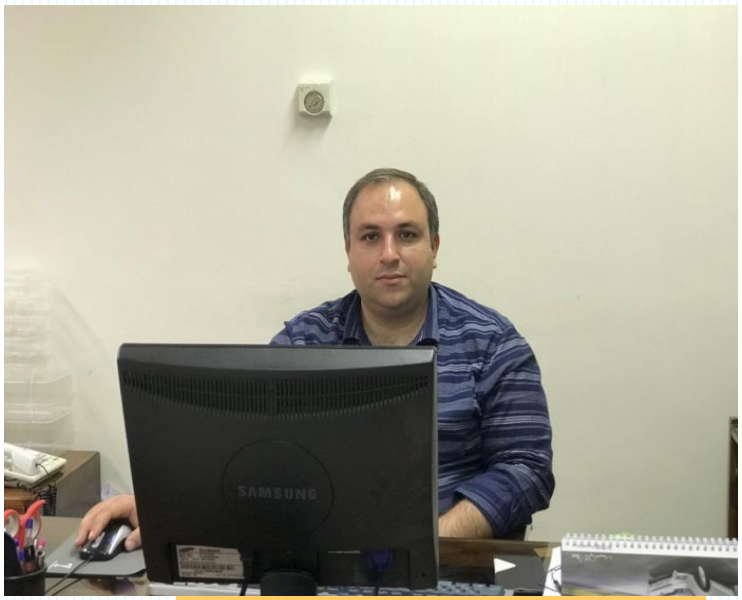
با توجه به کاربردهای تکنولوژیکی گسترده ابررساناها در ژنراتورها، ترانسفورماتورها، موتورها، محدودکننده‌های جریان خطای ابررسانایی و ذخیره‌سازهای انرژی، لزوم شناخت، مشخصه‌یابی و بهبود پارامترهای بحرانی مواد ابررسانا برای تجاری سازی و توسعه کاربردها اهمیت دو چندان پیدا می‌کند.

امروزه، واژه ابر رسانایی به صورت کلمه ای جادویی در آمده است. تصور نمی شود که در حال حاضر فناوری جدید دیگری تا این اندازه توجه عموم را به خود جلب کرده باشد. پس از سالها ابهام در مورد این پدیده، اکنون ابر رسانایی در زمینه های پزشکی، علوم نظری و تجربی، نظامی، ترابری، برق، الکترونیک و موارد زیاد دیگری کاربرد پیدا کرده است.

سند راهبردی توسعه‌ی فناوری ابررسانا در صنعت برق

معرفی سند

یکی از مشکلات عمده صنعت برق، تلفات انرژی از قسمت‌های مختلف این صنعت می باشد که موجب وارد آمدن خسارات عظیم مالی به صنعت می‌گردد. این خسارت‌ها شامل خسارت‌های مربوط به تعمیر و هزینه‌های ناشی از هدر رفت انرژی تولیدی می‌باشد. یک راهکار مناسب برای کاهش تلفات و افزایش طول عمر تجهیزات مختلف صنعت برق استفاده از تجهیزات مبتنی بر فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق است. مواد ابررسانا به سبب اینکه مقاومت الکتریکی ندارند انرژی الکتریکی را بدون هدر دادن انرژی هدایت کرده و هنگام استفاده گرم نشده، از این رو عمر مفید بیشتری دارند. از سوی دیگر استفاده از تجهیزات مبتنی بر فناوری‌های ابررسانا تا حد زیادی حوادث غیرمترقبه را کاهش داده و سبب افزایش ایمنی خطوط انتقال و توزیع برق می‌گردند.
گستردگی کاربرد تجهیزات ابررسانا و نوین بودن این فناوری‌ها در جهان از یک سو و الزامات قانونی، سیاسی، دفاعی و اجتماعی آنها از سوی دیگر سبب اهمیت یافتن توسعه این فناوری‌ها در کشور شده است. با توجه به اهمیت یافتن پدیده ابررسانایی، توسعه مناسب و کارایی این فناوری در صنعت برق نیازمند رویکردی برنامه محور و نگاهی راهبردی به موضوع بوده و عملی ساختن این اقدامات مستلزم برنامه ریزی استراتژیک و تدوین سندی راهبردی می‌باشد.



مدیر طرح: حسین کوهانی

kkoohani@nri.ac.ir

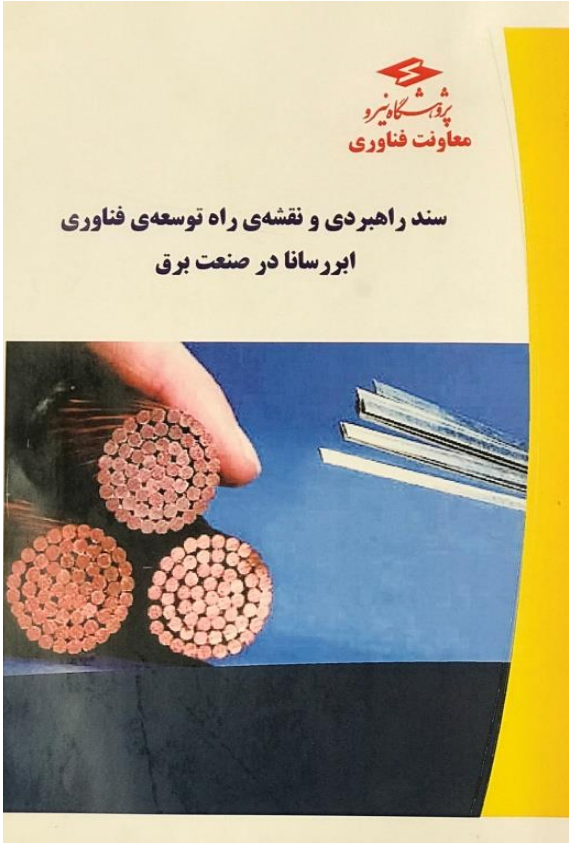
هدف از تدوین سند راهبردی و نقشه راه ابررسانایی یافتن وضعیت فعلی و آینده کشور و جهان در زمینه این فناوری و ترسیم بهترین راه برای رسیدن به اهداف تعیین شده در زمینه این فناوری با کمک دانش روز مدیریت تکنولوژی می باشد. برای نیل به این اهداف نیاز به یک نقشه طراحی شده با کمک اساتید، صاحب نظران و مدیران مسئول در این زمینه می‌باشد. از جمله پروژه‌هایی که برای توسعه ابررساناها در زمینه‌های گوناگون در دست انجام است میتوان به موارد ذیل اشاه نمود:
سیم و کابل، ترانسفورماتور، موتور، ژنراتور، محدودسازهای جریان خطا، ژنراتورهای هیدرودینامیک، سوئیچ‌های ابررسانا و ....

چشم انداز

دستیابی به دانش فنی ساخت و بهره برداری از تجهیزات کارا و مناسب بر پایه‌ی فناوری ابرسانا در صنعت برق کشور به منظور افزایش کیفیت توان، پایداری شبکه و کاهش تلفات الکتریکی و هزینه‌های صنعت برق کشور در حوزه‌های انتقال و توزیع

اهداف

- دستیابی به سیستم تولید پیوسته سیم و نوار ابررسانا در مقیاس صنعتی
- تحقیق و پژوهش در خصوص ترانسفورماتور ابررسانا
- تحقیق و پژوهش در خصوص کابل ابررسانا در کشور و استفاده از آن در شبکه انتقال و توزیع برق
- تحقیق و پژوهش در خصوص سیستم محدودساز ابررسانا در کشور
- تحقیق و پژوهش در خصوص سیستم ذخیره ساز انرژی مبتنی بر فناوری ابررسانا در کشور
- تحقیق و پژوهش در زمینه دستیابی به نسل بعدی (سوم) سیم های ابررسانا
- ارتقای جایگاه علمی دانشگاه های کشور در حوزه به کارگیری فناوری های ابررسانا



راهبردها

راهبرد ۱: دستیابی به دانش فنی فناوری های تولید BSCCO و YBCO.

راهبرد ۲: دستیابی به دانش فنی فناوری‌های به کارگیری BSCCO و YBCO در کابل تک فاز و سه فاز ،محدودساز، ذخیره ساز و ترانسفورماتور و فناوری در کابل تک فاز و سه فاز، محدودساز، ذخیره‌ساز و ترانسفورماتور.

اعضاء کمیته راهبری سند

دکتر نسترن ریاحی نوری

پژوهشگاه نیرو

دکتر مجتبی ناصح

شرکت مادر تخصصی توانیر

مهندس حسین کوهانی

پژوهشگاه نیرو

مهندس کمیل سخایی

شرکت مپنا

دکتر حسام فلاح آرانی

پژوهشگاه نیرو

مهندس بی آزار

شرکت مادر تخصصی توانیر

دکتر مهدی فردمنش

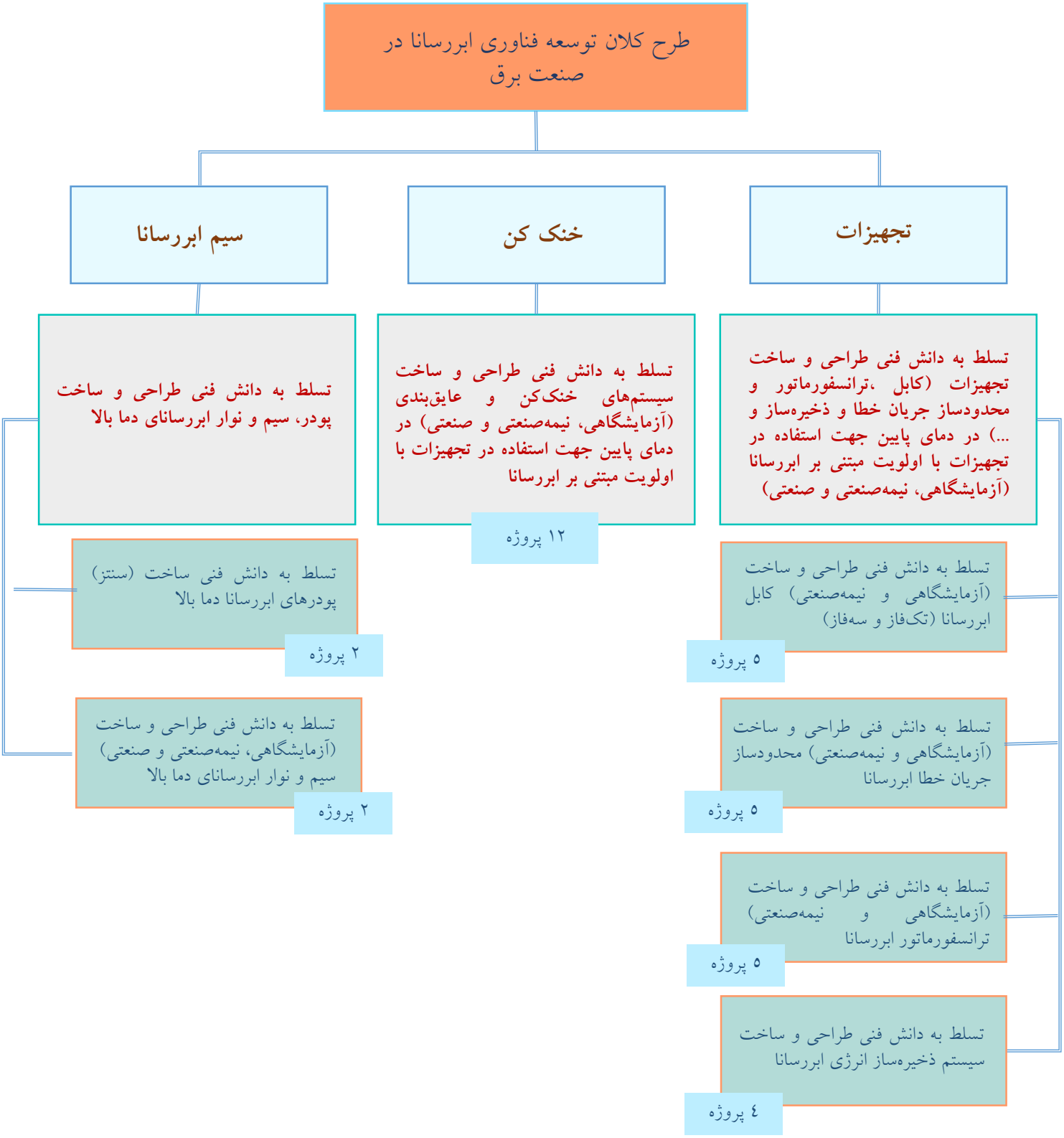
دانشگاه صنعتی شریف

مهندس حسن آبنیکی

شرکت مادر تخصصی توانیر

طرح توسعه‌ی فناوری ابرسانا در صنعت برق

طبقه بندی پروژه های طرح

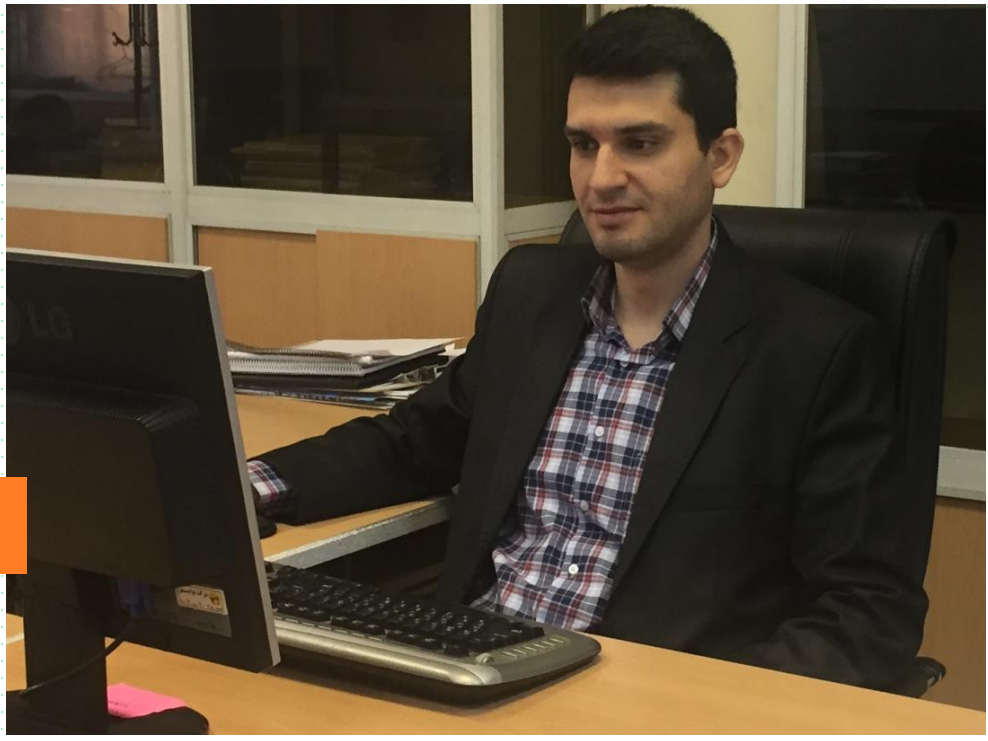


فراخوان واگذاری پروژه ها

در راستای سیاست های پژوهشگاه نیرو به منظور بهره‌مندی مناسب از پتانسیل‌های علمی و تحقیقاتی کشور و همچنین فرصت ارائه توانمندی برای کلیه محققین کشور، واگذاری بخشی از پروژه‌های سند ابررسانا از طریق فراخوان‌های عمومی برای کلیه متقاضیان فراهم گردیده است. از زمان آغاز فرایند برون سپاری (مرداد ماه ۹۶) تاکنون، ۷ فراخوان مربوط به واگذاری پروژه های سند راهبردی ابرسانا برگزار گردیده است.

- ✓ **طراحی و ساخت سیستم تولید پودرهای ابررسانای دما بالا در مقیاس نیمه‌صنعتی**
- ✓ **طراحی و ساخت کابل ابررسانا تک‌فاز در مقیاس آزمایشگاهی**
- ✓ **طراحی و ساخت ترانسفورماتور ابررسانای آزمایشگاه ۵۰KVA**
- ✓ **طراحی و ساخت محدودساز جریان خطا ابررسانا در مقیاس آزمایشگاهی**
- ✓ **ساخت و مشخصه‌یابی پودر ابررسانای دی بوراید منیزیم**
- ✓ **ساخت سیستم تولید سیم و نوار ابررسانای نسل دوم (دما بالا) در مقیاس نیمه صنعتی**
- ✓ **امکان‌سنجی فنی-اقتصادی استفاده از کابل ابررسانا (تک و سه فاز) در شبکه توزیع و انتقال برق**

اطلاعات مربوط به فراخوان ها در وبسایت پژوهشگاه نیرو به آدرس http://www.nri.ac.ir/RFPs قابل دسترس می باشد.



گفتگو با دکتر مجتبی ناصح

در مورد حوزه تخصصی خود و جایگاهی که در صنعت برق و انرژی کشورمان دارد توضیحاتی را ارائه فرمایید.

حوزه تخصصی اینجانب ابررسانایی و کاربردهای آن در صنعت برق می‌باشد. ابررسانایی یک تکنولوژی نسبتاً نوپا بوده که کاربردهای آن در تمامی حوزه‌ها از جمله در زمینه سیستم‌های قدرت در حال گسترش است. از کاربردهای ابررسانایی در صنعت برق میتوان به موارد زیر اشاره نمود: ۱- ترانسفورماتور ابررسانا ۲- سیم و کابل ابررسانا ۳- سیستم‌های ذخیره ساز ابررسانایی ۴- محدود کننده جریان خطای ابررسانایی ۵- یاتاقان مغناطیسی ابررسانایی ۶- ژنراتور ابررسانا و غیره. تحقیقات گسترده‌ای در سطح جهان در مورد کاربردهای ابررسانایی در صنعت برق انجام گرفته و در حال انجام است که برخی از آنها منجر به ساخت و تجاری‌سازی ادوات ابررسانای مورد نیاز در صنعت برق شده است. در کشورمان نیز تحقیقات در زمینه ابررسانایی و کاربرد آن در صنعت برق در دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی در حال پیگیری می‌باشد اما متاسفانه به دلیل عدم وجود تکنولوژی استفاده از ابررسانا در برخی کاربردها و هزینه نسبتاً بالای ادوات ابررسانا، پیاده سازی عملی ادوات مبتنی بر ابررسانا در شبکه برق کشورمان هنوز صورت نگرفته است.

کدوم زمینه ابررساناها موضوع تحقیق دوره دکترای شما بوده و دلیل انتخاب این زمینه چه بوده است؟

عنوان پایان نامه دوره دکترای اینجانب "طراحی بهینه سیستم یاتاقان مغناطیسی ابررسانا با استفاده از فیزیک چندگانه" بود. همانطور که میدانید یاتاقان مغناطیسی ابررسانا امکان چرخش روتور با سرعتهای بسیار زیاد را به دلیل عدم تماس فیزیکی روتور و استاتور فراهم می‌سازد که در برخی صنایع پیشرفته مورد نیاز است. استفاده از این فناوری در صنایع پیشرفته و بروز بودن آن باعث شد تا این موضوع تحقیقاتی را به عنوان پایان نامه دوره دکتری خود انتخاب نمایم.

جایگاه ابررساناها در کشورمان و در دنیا و سهمی که در انرژی دارد را بیان کنید.

علم ابررسانا در دنیا از لحاظ تئوری و عملی در حال گسترش است. از یک طرف پشتوانه تئوری ابررسانا روز به روز در حال تکامل است بشکلی که مدل‌های دقیقتر جای مدل‌های قدیمی و ساده را می‌گیرند و از طرف دیگر کاربردهای پیشرفته ابررسانا در صنایع مختلف در حال گسترش است. در کشورمان نیز پروژه‌های تحقیقاتی خوبی در زمینه ابررسانا تعریف شده و در حال پیگیری هستند اما با توجه به اینکه تکنولوژی ساخت و خنک‌سازی برخی ابررساناها در کشورمان وجود ندارد لذا ایده‌های تحقیقاتی مجال ظهور در صحنه عمل را پیدا نمی‌کنند و همین موضوع باعث گسستگی جدی در ساخت و تجاری سازی ادوات ابررسانا خواهد شد.

"پروژه های ابررسانایی در ایران نیازمند توجه ویژه مسئولین است"

در خصوص جایگاه ابررسانا در دنیا، می توان به جوایز نوبلی که در این حوزه دریافت شده است اشاره کرد. در سال ۱۹۱۳ فیزیکدانی به نام Heike Kamerlingh Onnes جایزه نوبل فیزیک را برای بررسی‌هایش روی ویژگی‌های ماده در دماهای پایین و کشف ابررسانایی دریافت نمود. در سال ۱۹۶۲ Lev Davidovich Landau جایزه نوبل فیزیک را برای تئوری هایش در مورد ماده چگال بخصوص هلیوم مایع دریافت کرد. John Bardeen، Leon N. Cooper و J. Robert Schrieffer در سال ۱۹۷۲ مشترکاً جایزه نوبل را در فیزیک برای تئوری ابررسانایی بنام BCS دریافت کردند. در سال ۱۹۷۳ Leo Esaki و Ivar Giaever هر کدام یک چهارم جایزه نوبل فیزیک را به‌ترتیب به دلیل کشف تجربی پدیده تونلینگ در نیمه هادی‌ها و ابررساناها دریافت کردند و نیمی دیگر از جایزه نوبل را Brian David Josephson دریافت کرد که به دلیل پیش بینی تئوریش از ویژگی‌های یک ابرجریان عبور کننده از یک سد تونلی بود که به پدیده Josephson معروف است. نیمی از جایزه نوبل فیزیک سال ۱۹۷۸ به Pyotr Leonidovich Kapitsa برای کارهایش در زمینه فیزیک دما پایین اهدا شد. جایزه نوبل سال ۱۹۸۷ به J. Georg Bednorz و K. Alexander Muller به دلیل کشف مواد سرامیکی ابررسانا تعلق گرفت. در سال ۱۹۹۶ David M. Lee، Douglas D. Osheroff و Robert C. Richardson جایزه نوبل فیزیک را برای کشف ابرسیالی هلیوم دریافت نمود. جایزه نوبل فیزیک سال ۲۰۰۳ نیز به Alexei A. Abrikosov، Vitaly L. Ginsburg و Anthony J. Leggett به خاطر گسترش تئوری ابرساناها و ابرسیال‌ها تقدیم شد.

در خصوص مبحث اقتصادی و رویکرد تجاری سازی ابرساناها توضیحاتی ارائه فرمایید.

تکنولوژی‌های مبتنی بر ابررسانا عمدتاً به دلیل نیاز به خنک کننده در حال حاضر دارای قیمت تمام شده بالا هستند. با این حال کشورهای مختلف دنیا از جمله ایالات متحده، چین، ژاپن، آلمان، ایتالیا و ...به منظور بهره‌گیری از مزایای فراوان ابرساناها بودجه‌های گسترده‌ای به تحقیقات و پیاده‌سازی پروژه‌های آن اختصاص می‌دهند زیرا در آینده امید می‌رود تا با کشف مواد جدید ابررسانا که دارای دمای بحرانی بالا باشند هزینه خنک سازی به‌شکل چشمگیری کاهش یافته و ساخت ادوات ابررسانا توجیه پذیر گردد.

پیش بینی شما نسبت به سرعت پیشرفت ابرساناها چیست؟

بخش اعظم پیشرفت حوزه ابررسانا متکی به پیشرفت در زمینه کشف مواد جدید ابررسانا با دمای بحرانی بالا می‌باشد. در سال‌های اخیر مواد جدیدی که دارای دمای بحرانی بالاتری نسبت به مواد کنونی تجاری در دسترس مانند YBCO هستند کشف شده است و با این روند امید است که در آینده‌ای نزدیک با کشف این مواد انقلابی جدید در زمینه ابررسانا و کاربردی کردن ایده‌های آن بوجود آید.

توصیه شما به دانشجویان و محققینی که تازه می خواهند در این حوزه ورود پیدا کنند چیست؟

زمینه‌های تحقیقاتی ابررسانا جدید بوده و جای کار بسیار دارد. اما به دلیل عدم امکان پیاده‌سازی عملی پروژه‌های ابررسانا در حال حاضر در کشورمان به محققین و دانشجویانی که در کشور در حال تحصیل هستند توصیه می‌گردد تا زمینه بهره‌مندی از فرصت مطالعاتی در خارج از کشور را برای خود فراهم سازند تا بتوانند ایده‌های خود را عملی نمایند.

سایر نکاتی که از نظر جنابعالی در این حوزه حائز اهمیت است.

همانگونه که ذکر شد زمینه‌های تحقیقاتی ابررسانا جدید بوده و جای کار بسیار دارد اما هیچ کار تحقیقاتی بدون اختصاص بودجه و پیاده‌سازی عملی به سرانجام نخواهد رسید. لذا امید است در آینده مسئولان کشور توجه ویژه‌تری نسبت به این امر داشته باشند.

گفتگو

با دکتر حسام فلاح آرانی
عضو کمیته راهبری سند ابررسانا در صنعت برق

"ابررسانایی با نقشی که می‌تواند در زمینه صرفه جویی در تولید و انتقال انرژی الکتریکی بازی کند، در آینده بشر نقش اساسی خواهد داشت."

به بهانه تدوین خبرنامه ابررسانا مصاحبه‌ای را با آقای دکتر حسام فلاح آرانی که در دوره دکتری درباره مواد ابررسانا تحقیقات بسیاری انجام داده و مقالات متعددی در این حوزه چاپ کرده‌اند و هم اکنون کارشناس پژوهشی گروه مواد غیر فلزی در پژوهشگاه نیرو و عضو کمیته راهبری سند ابررسانا هستند، انجام داده‌ایم که در ادامه تقدیم می‌گردد:

- **چرا ابررسانا را برای تحقیق انتخاب کردید؟**

مباحث مربوط به تولید انرژی و صرفه‌جویی در مصرف آن یکی از موضوعات جذابی بود که در دوران مختلف تحصیلم بواسطه پروژه‌ها و سمینارهای مختلف، مطالعات خوبی در موردش داشتم. از طرفی امروزه صرفه جویی در مصرف انرژی، یکی از مهم‌ترین نیازهای کشورهای صنعتی است. سالیانه بودجه‌های زیادی صرف تحقیقات در زمینه کشف راه‌های جدید و موثر برای یافتن انرژی‌های ارزان و با ریسک پایین می‌شود. تحقیقات نشان می دهد، ابررساناها در بهبود مصرف انرژی بسیار کارامد هستند. ابررسانایی با نقشی که می‌تواند در زمینه صرفه‌جویی در تولید و انتقال انرژی الکتریکی بازی کند، در آینده بشر نقش اساسی خواهد داشت. البته در کشور ما هنوز فعالیت‌های تحقیقاتی در زمینه مواد ابررسانا محدود است. امیدوارم با توسعه کاربردهای جدید سرمایه‌گذاری‌های قابل توجهی در زمینه ابررسانا صورت گیرد.

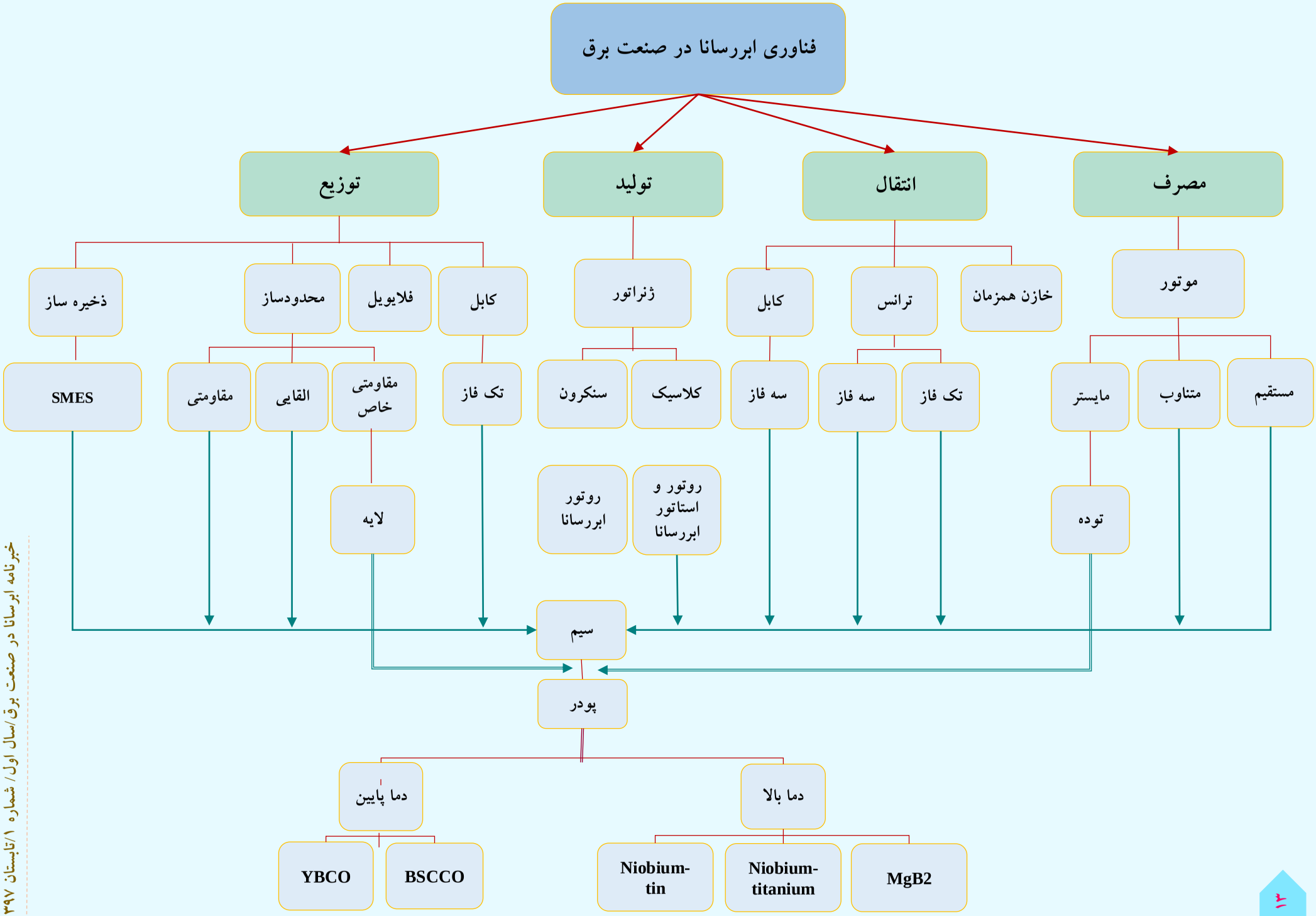
- **آینده ابررساناهای دما بالا را چگونه تصور می کنید؟ آیا در سال های آینده مواد ابررسانا با دمای بحرانی نزدیک به دمای اتاق خواهیم داشت؟**

در طول سه دهه گذشته دانشمندان به دنبال یافتن روشی برای استفاده از ابررساناها در دمای اتاق هستند. این تلاش بیشتر برای حذف وسایل گران قیمت سرمازا برای رسیدن به کمترین دمای ممکن است. بنظرم با تلاشی که محققین تا امروز انجام داده‌اند، که در موارد بسیاری منجر به شناخت بهتر این مواد و ویژگی‌های آن‌ها شده است، می‌توان آینده جهان را با فرض دسترسی راحت‌تر تمامی افراد به ابررساناهای دما بالا ترسیم کرد. رخ دادن پدیده ابررسانایی در دمای بسیار بالا و یا حتی دمای اتاق رویایی برای هر محقق فعال در این حوزه محسوب می‌شود. در صورت تحقق ابررسانایی در دمای اتاق و پیدایش چنین ماده‌ای، بصورت شگفت‌آوری انرژی الکتریکی بصورت همیشگی جریان خواهد داشت و به طور مثال تلفن‌های همراه دیگر نیازی به شارژ نخواهند داشت.

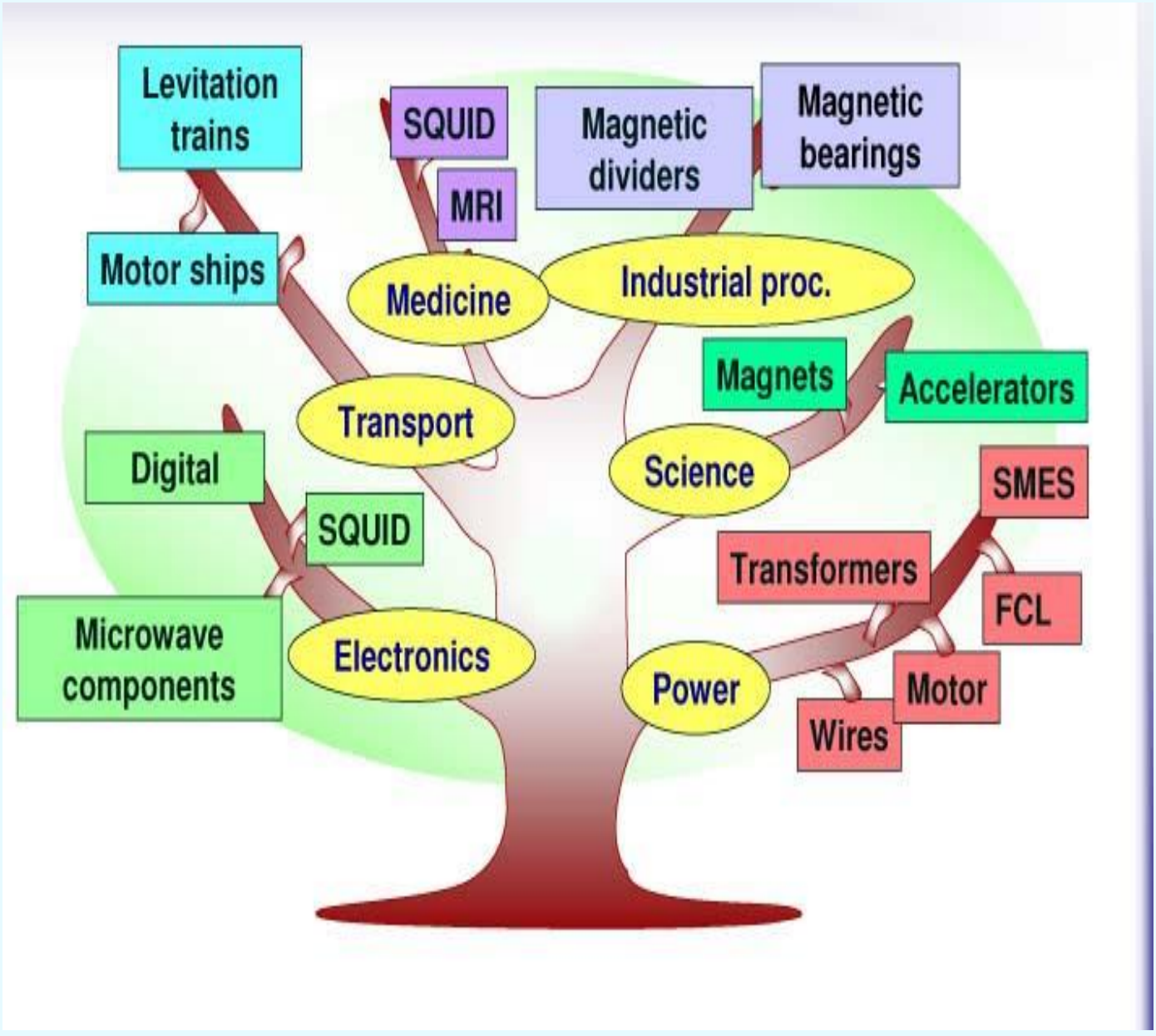
- **فعالیت هایی که در پژوهشگاه نیرو درباره مواد ابررسانا انجام شده است را معرفی کنید؟**

در پژوهشگاه نیرو پروژه‌های خوبی به مدیریت مهندس کوهانی در زمینه سنتز، بهینه سازی و مشخصه‌یابی پودرهای ابررسانای سرامیکی دمابالا نظیر YBCO (ایبکو) و BSCCO (بیسکو) در هر دو فاز Bi-2212 و Bi-2223 و ساخت سیم ابررسانا از این پودرها انجام شده است. همچنین در زمینه آشنایی با کاربردهای مواد ابررسانا در صنعت برق و ساخت سیستم ذخیره ساز انرژی مبتنی بر فناوری ابررسانا مطالعات کاملی در پژوهشگاه صورت گرفته است. تحقیق در زمینه سیستم محدودساز ابررسانا در کشور و دستیابی به نسل بعدی سیم‌های ابررسانا از جمله پژوهش‌های نوینی است، که در سال های گذشته انجام شده و شرایط فنی و اقتصادی برای تولید صنعتی آن‌ها را به خوبی بیان کرده است. چندین پروژه در دست اقدام نظیر ساخت پودر ابررسانای دما بالای YBCO، همچنین سنتز پودر ابررسانای MgB_2 و طراحی و ساخت ترانسفورماتور ابررسانایی از مهمترین فعالیت‌های سال جاری محسوب می‌شوند. سند راهبردی و نقشه راه توسعه فناوری ابررسانا در صنعت برق در سال ۹۵ به مدیریت مهندس حسین کوهانی و با مشارکت گروهی از اساتید دانشگاه و فعالان این حوزه تدوین شد. همچنین فعالیت های ترویجی بسیاری به منظور آشنا کردن محققین در برق منطقه ای خراسان، هلدینگ غدیر، دانشگاه نوشروانی بابل و دانشگاه شیراز انجام شده است. در حال حاضر با کشور آلمان به منظور انتقال تکنولوژی ساخت سیم ابرسانا مکاتبات خوبی صورت گرفته است. همچنین شرایط برای همکاری‌های بیشتر با دانشگاه‌های مطرح و فعال این حوزه در کشورهای ایتالیا و ترکیه فراهم شده است. در انتها امیدواریم با فراهم شدن شرایط لازم بتوانیم به دانش سیستم تولید پیوسته سیم و نوار ابررسانا در مقیاس صنعتی دست یابیم و جزء محدود کشورهایی باشیم که صاحب این تکنولوژی در دنیا هستند.

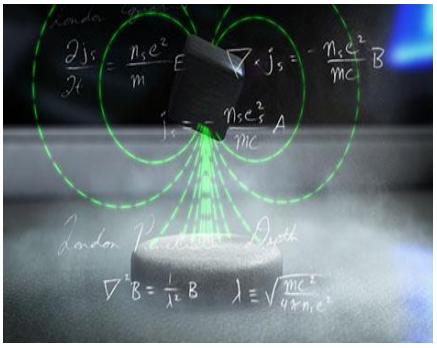
درخت فناوری ابررسانا در صنعت برق



درخت کاربردهای ابررسانا



خواص کاربردی ابررساناها



توانایی تولید میدان‌های مغناطیسی قوی

پدیدهٔ ابررسانایی در فناوری‌های جدید از توانایی‌های گسترده‌ای برخوردار است. خواص ابررسانایی در مواد، علاوه بر دمای محیط و شدت جریان عبوری، به میدان مغناطیسی هم بستگی دارد. یعنی حتی اگر جسم در دمایی پایین‌تر از حد ابررسانایی باشد، وقتی میدان مغناطیسی از میزان مشخصی بیشتر باشد، خاصیت ابررسانایی از بین خواهد رفت. از این میدان‌ها می‌توان در قطارهای مغناطیسی استفاده کرد. شدت این میدان ها برای آلیاژ نیوبیوم - تیتانیوم به حدود ۱۰ تسلا نیز می‌رسد.

خاصیت تونل‌زنی و اثر جوزفسون

این مشخصه به این معنی است که اگر دو ابررسانا را خیلی به هم نزدیک کنیم، مقداری از جریان یکی به دیگری نشت می‌کند. در دو سر این پیوندگاه یا تونل هیچ ولتاژی وجود ندارد. یعنی میزان جریان نشتی به ولتاژ بستگی ندارد ولی به میدان و شار مغناطیسی حتی در مقادیر خیلی کوچک بشدت وابسته است.

اتصال جوزفسون کاربردهای زیادی در تکنولوژی ساخت دستگاه های اندازه‌گیری دارد. اتصال جوزفسون، نوعی کلیدزنی بسیار سریع است و کلیدزنی ولتاژ را تقریبا ده برابر سریع تر از مدارهای نیمه رسانای متداول انجام می‌دهد که مزیتی ممتاز برای استفاده در کامپیوترها می‌باشد. از آنجائی که سرعت کامپیوتر وابسته به انتقال پالس از تجهیزات است، سرعت بالای سوئیچینگ باعث بالا رفتن سرعت کامپیوتر و کوچک شدن حجم کامپیوتر خواهد شد.

به علاوه اثر جوزفسون منجر به سرعت و حساسیت بی‌نظیر ادوات الکتریکی همچون پیوند جوزفسون و ادوات تداخل کوانتوم ابررسانایی که برای اندازه‌گیری‌های مغناطیسی فوق العاده حساس در زمینه ژئوفیزیک، شیمی تجزیه و دارو سازی استفاده می‌شود. یک مدار ابررسانا قادر به حفظ جریان الکتریکی بدون وجود منبع تغذیه است. از این خاصیت در آهنربای الکتریکی که در MRI به کار برده می‌شود، استفاده می‌گردد.

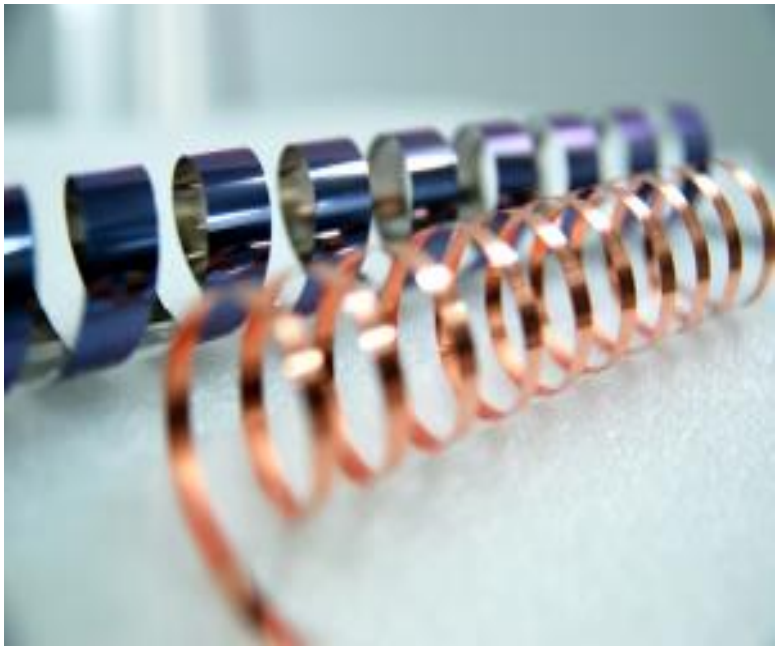
مقاومت ناچیز در مقابل عبور جریان مستقیم و توانایی عبور چگالی جریان بالا

با توجه به مقاومت تقریباً صفر، ابررساناها درشبکه‌های توزیع و انتقال (ترانسفورماتورها و کابل‌ها و ...) و همچنین ماشین های الکتریکی قابل استفاده هستند. این خاصیت باعث می‌شود که اگر جریانی در یک ابررسانا ایجاد شود، بدون کاهش قابل توجهی برای مدت طولانی برقرار بماند. همینطور شدت جریان عبوری از ابررسانا نیز به علت فقدان افت اهمی بسیار بالاست. برای مثال آلیاژ نیوبیوم و تیتانیوم که در درجه حرارت ۴/۴ کلوین به حالت ابررسانایی می‌رسد قادر به عبور جریان ۲۰۰۰ آمپر بر میلیمتر مربع در شدت میدان ۵ تسلا است. این چگالی صد بار بیشتر از چگالی جریان در سیم‌های مسی معمولی است.

خواص کاربردی ابررساناها

نوار و سیم‌پیچ‌های ابررسانا

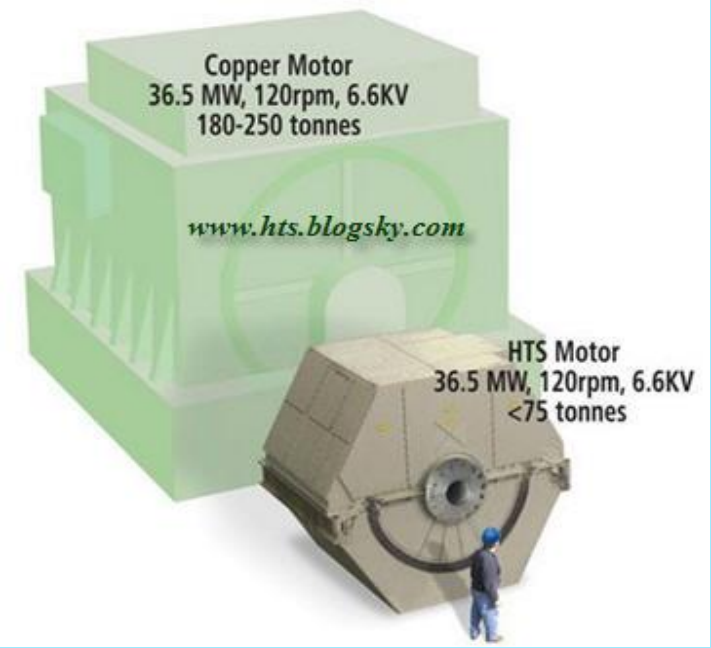
اولین مرحله در ساخت هر دستگاه ابررسانا، اطمینان از عدم وجود عیب و نقص در نوار یا هادی ابررسانا است. در صورت وجود، پس از رفع آن می‌توان آن را برای استفاده در کابل به هم تابانید یا به صورت سیم‌پیچ درآورد تا در کاربردهایی مثل ترانسفورماتور، آهنربا، ژنراتور و موتور استفاده شود. همچنین این هادی‌ها باید دارای روکش عایق باشند. جنس عایق باید به نحوی انتخاب شود که مانع از نفوذ میدان مغناطیسی نگردد. برای مثال این عایق می‌تواند از جنس کاغذ سرامیکی باشد.



طراحی ابررسانا و مواد مورد استفاده در آن باید به نحوی باشند که در برابر نیروهای مغناطیسی، تنش گرمایی و تنش‌های فیزیکی موجود در موتورها و ژنراتورها مقاومت کنند. در پایان برای اطمینان از عملکرد درست، ابررسانا مورد آزمایش قرار می‌گیرد.

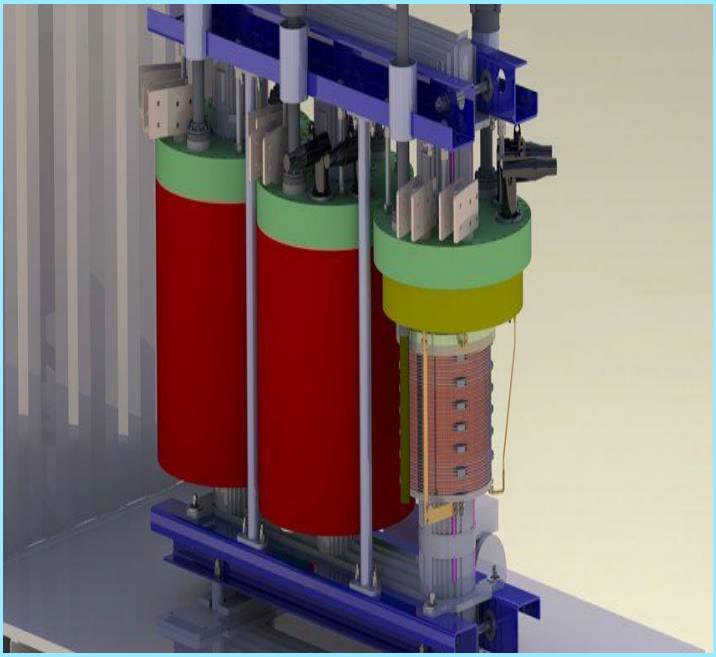
کاربردهای ابررسانا

موتورها و ژنراتورهای ابررسانا



استفاده از سیم‌های ابررسانا به جای سیم‌های مسی معمولی در روتور ماشین‌های القایی، تلفات،حجم، وزن و قیمت کاهش می یابد. شکل زیر الکتروموتور ابررسانا و معمولی با قدرت یکسان را نشان می‌دهد.

ترانسفورماتورهای ابررسانا HTS



استفاده از مواد ابررسانا در سیم‌بندی ترانسفورماتورها نیز باعث ۵۰ درصد کاهش در تلفات، وزن و ابعاد ترانسفورماتور نسبت به انواع ترانسفورماتورهای روغنی شده می‌شود. همچنین حجم کم و عدم نیاز به روغن‌کاری برای خنک سازی، نقش قابل ملاحظه‌ای در بهبود فضای مورد نیاز و کاهش هزینه‌های زیست محیطی خواهد داشت.

(کاربردهای صنعتی و پزشکی)

آهن‌ربای مغناطیسی ابررسانا

ابررساناها قادر به تولید میدان مغناطیسی بزرگتری نسبت به رساناهای معمولی (مثل مس) هستند و در این میان HTS از این لحاظ نسبت به LTS برتری دارد. همچنین در HTS هزینه تبرید کمتر بوده و محدوده‌ی دمای کاری آن نسبت به LTS بیشتر می‌باشد.

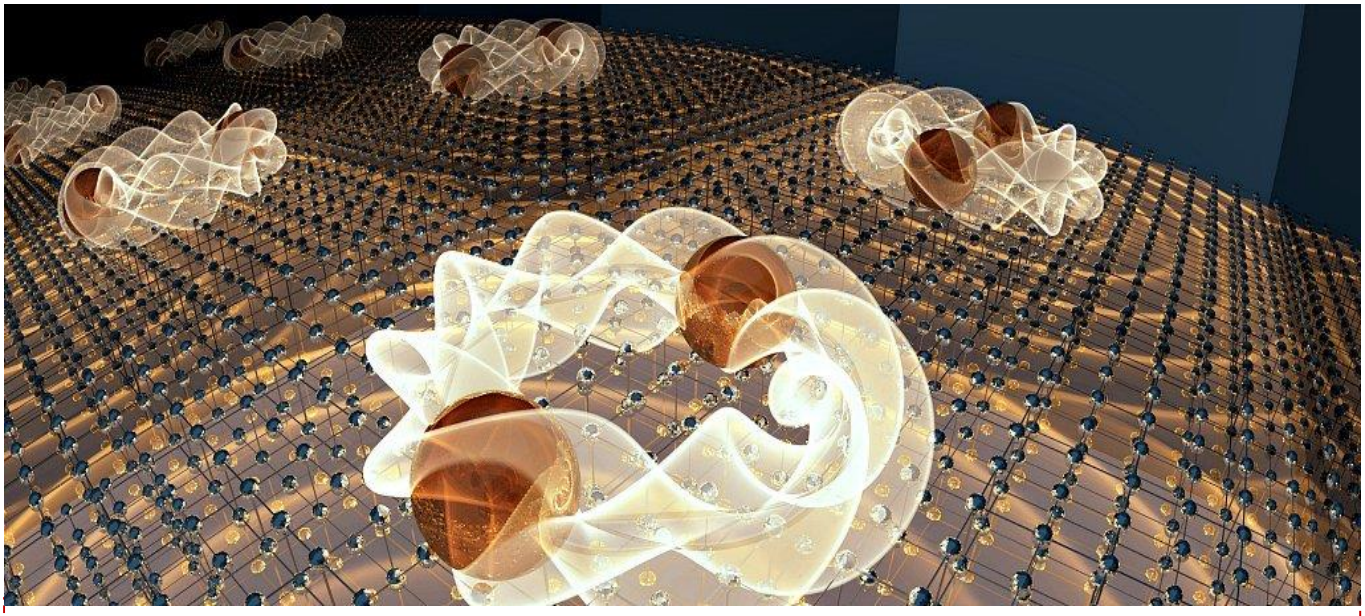
در ساده‌ترین حالت، آهن‌ربای ابررسانا دارای یک منبع تغذیه، یک دستگاه برای تبرید و سیم‌پیچ ابررسانا است. از این آهن‌ربای قوی به طور وسیعی در صنعت، آموزش و تحقیقات استفاده می‌شود. برای مثال در اکتشاف معادن از آهنربای ابررسانا برای جدا کردن سنگ‌های دارای فلز استفاده می شود. نمونه‌های دیگر، شامل شتاب دهنده‌های ذرات هسته‌ای، کاشت یونی (برای اضافه کردن ناخالصی به نیمه هادی‌ها)، شتاب دهنده‌های خطی (که در پزشکی برای از بین بردن تومور استفاده می‌شود (MRI و NMR) که در آن‌ها میدان مغناطیسی شیئی مورد نظر را تحریک کرده و سپس توسط یک آشکارساز پاسخ آن به میدان مغناطیسی تحلیل می‌شود.

Magnetic Resonance Imaging (MRI)

Nuclear Magnetic Resonance (NMR)

قطارهای شناور مغناطیسی

بر اثر پدیده مایسنر، ابررسانا میدان مغناطیسی را عبور نمی‌دهد و یک عنصر مغناطیسی می تواند روی ابررسانا معلق بماند. از این خاصیت در ساخت قطارهای شناور مغناطیسی موسوم به MAGLEV استفاده شده است. کویل ابررسانا در داخل قطار قرار می‌گیرد و ریل‌های دو طرف قطار به تناوب مغناطیسی و دارای قطب‌های مخالف می‌باشند. قطار با توجه به خاصیت شناوری، بدون هرگونه اصطکاک و برخورد با ریل، در اثر تقابل قطب‌های آهنربایی با سرعت زیادی به حرکت در می‌آید. اولین قطار مغناطیسی در سوم آوریل ۱۹۹۷ در ژاپن با نام قطار یامایاشی راه‌اندازی شد. این قطار سرعت قابل توجه۵۱۰ کیلومتر در ساعت را داشت و به جای استفاده از چرخ در آن از میدان مغناطیسی استفاده شده بود. قطار سریع‌السیر دیگری که ژاپنی‌ها در سال ۲۰۰۰ میلادی ساختند با سرعت ۵۸۱ کیلومتر بر ساعت حرکت می‌کرد. در چین نیز قطار MAGLEV در سال ۲۰۰۰ به بهره برداری رسید. در آمریکا پروژه‌هایی برای ساخت قطار مغناطیسی در مناطقی مانند آتلانتا، فلوریدا و ویرجینیا طراحی شده است.



کشف نوع جدیدی از ابررسانا

یکی از اهداف نهایی فیزیک نوین، استفاده از قدرت ابررسانایی است. به گونه‌ای که در دمای اتاق، جریان الکتریسیته با مقاومت الکتریکی صفر جریان یابد. با وجود اینکه پیشرفت در این زمینه کند بوده است، فیزیک‌دانان اخیرا، به کشف خارج از تصوری دست یافته‌اند.

پژوهشگران دانشگاه مریلند در آمریکا، هنگام بررسی یک ماده عجیب در دمای بسیار سرد، نوع جدیدی از ابررسانایی را کشف کرده‌اند. آنها به ابررسانایی دست یافته اند که عملکرد آن، با آنچه تاکنون دیده شده متفاوت است و همین موضوع، به احتمالات جدیدی که تاکنون وجود نداشته‌اند، ختم می‌شود. به عبارت دیگر، فیزیکدانان، نوع کاملا جدیدی از ابررسانایی را کشف کرده اند. این نوع از ابررسانا، علاوه بر اینکه در مواد غیرقابل انتظار ظاهر می‌شود، بلکه احتمال می رود به تعاملات الکترون نیز بستگی داشته باشد که این موضوع اساسا با آنچه تاکنون تصور می‌شد، متفاوت است؛ پس نمی‌توان نوع احتمالی آن را مشخص کرد.

گروه پژوهشی دانشگاه مریلند دریافت که اسپین الکترون‌ها در این ماده خاص موسوم به"YPtBi"، به ۳/۲ می‌رسد در حالی که در یک ابررسانای معمول، اسپین الکترون‌ها، ۱/۲ است.

«ژان‌پیر پگلاین» (Johnpierre Paglione)، نویسنده ارشد این پژوهش می‌گوید: هیچ کس تصور نمی‌کرد چنین کشفی در مواد جامد ممکن باشد. حالت بالای اسپین در اتم‌های تک ممکن است اما هنگامی که اتم‌ها در کنار هم و در حالت جامد قرار می‌گیرند، معمولا این حالت از بین می‌رود و اسپین آنها تغییر می‌کند.

شاید شرایط این ابررسانا، بتواند جهان را متحول کند و علم الکترونیک را به شکلی باورنکردنی، کارآمد سازد.

این پژوهش در مجله "Science Advances" به چاپ رسیده است.

منبع: http://superconductors.org/

فیزیکدانان موفق به شناسایی دمایی شده‌اند که در آن نانولوله‌های کربنی ابررسانا می شوند

دانشمندان دانشگاه ایالتی یورال (UrFU) با همکاری دانشمندان دانشگاه ایالتی لومونوسف مسکو روشی محاسباتی یافته‌اند که به آن‌ها امکان می‌دهد دمایی را که نانولوله‌های کربنی تک‌جداره به ابررسانا تبدیل می‌شوند، محاسبه کنند. آن‌ها موفق شدند راهی بیابند که دمای مورد نظر را افزایش دهند و در عین حال کاربردهای جدیدی برای مواد ابررسانا یافتند. نتایج پژوهش آن‌ها در ژورنال Carbon منتشر شده است.

تاکنون بزرگترین مشکل با ابررسانایی این بوده که معمولاً خاصیت ابررسانایی در دماهای پایین، نزدیک به صفر مطلق، اتفاق می‌افتد. در نانولوله‌های کربنی چیدمان اتم‌ها تعیین کننده‌ی رفتار الکتریکی آن‌ها است. در واقع جهت‌گیری شش ضلعی‌های موجود روی نانولوله کربنی عامل تعیین کننده در رسانایی نانولوله است. البته افزودن برخی ترکیبات به نانولوله‌ها، می‌تواند هدایت الکتریکی آن‌ها را تغییر دهد. در دماهایی نزدیک به صفر مطلق، جفت الکترون‌های موسوم به کوپر در میان آن‌ها شکل می‌گیرد. اگر صفحات گرافنی انحنا نداشته باشند، جفت الکترون‌های کوپر شکل نمی‌گیرند و در نتیجه ابررسانایی ایجاد نمی‌شود.

این گروه نشان دادند در صورتی که نانولوله‌های کربنی تک‌جداره روی هم چیده شوند، جفت‌های کوپر پایدار شده و ابررسانایی ایجاد می‌شود. هر چند برای چیدمان نانولوله‌ها روی هم نیز به دمای پایین نیاز است و دما تنها ۱۵ درجه بالاتر از صفر مطلق است. آن‌ها برای حل این مشکل، سیمی کربنی با ضخامت تنها یک اتم کربن را درون نانولوله‌های کربنی تک‌جداره قرار داده‌اند. اتم‌های این سیم کربنی با اتم‌های نانوتیوب کربنی پیوند تشکیل نمی‌دهند؛ اما باعث می‌شوند وضعیت هندسی و انعطاف‌پذیری نانوتیوب تغییر یابد.

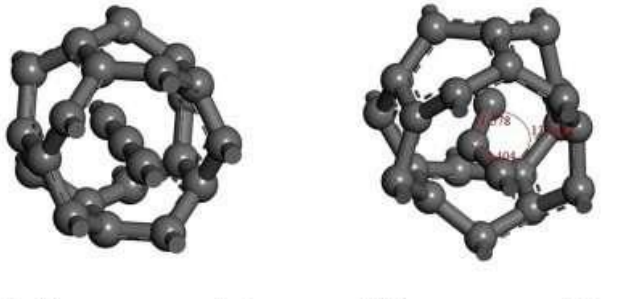


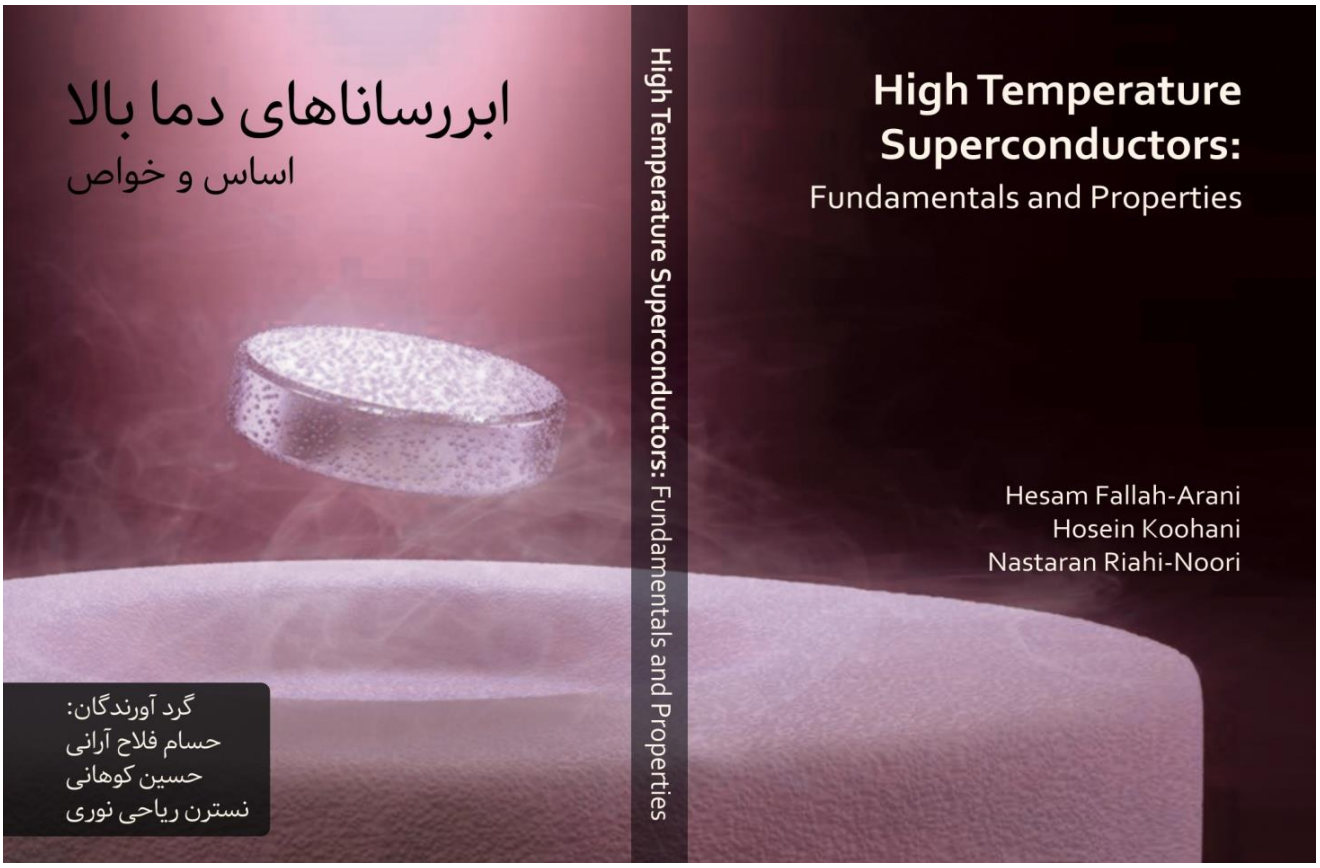
Fig. 6. The (5,0) carbon composite (one repeated unit is shown) is made by inserting a linear carbon chain into a (5,0) SWCNT. The LHS shows the input atomic coordinates of the repeated unit, while the RHS displays the repeated unit after geometric optimization. The composites are arranged to form a regular array in which they are laterally separated by 1.7 nm. (A colour version of this figure can be viewed online.)

در ادامه، تیم دانشگاه یورال، شکل زنجیره‌ی کربنی داخل نانوتیوب را تغییر داد و آن را از شکل مستقیم به حالت زیگزاگ تبدیل کرد. دمای ابررسانایی در حدود ۴۵ درجه افزایش داشت. آن‌ها برای دستیابی به بهترین حالت، زوایای فرم زیگزاگی را محاسبه کردند و زاویه ایده‌آل را به دست آوردند. آن‌ها در پایان ثابت کردند که پیش‌بینی انجام‌شده توسط محاسبات کاملا درست بود.

نتایج این پروژه در قالب مقاله‌ای با عنوان
Superconductivity in ultra-thin carbon nanotubes and carbyne-nanotube composites: An ab-initio approach
در نشریه Carbon به چاپ رسیده است.

منبع: Physicists found the temperature at which carbon nanotubes become superconductors

معرفی کتاب



عناوین اصلی

۱. پدیده‌های ابررسانایی
۱.۱. مقدمه
۱.۲. تاریخچه رویدادهای مهم ابررساناها
۱.۳. مقاومت
۱.٤. دمای بحرانی
۱.۵. چگالی جریان بحرانی
۱.٦. میدان مغناطیسی بحرانی
۱.۷. آثار جوزفسون
۱.۸. اثر مایسنر-اوکسنفلد
۱.۹. ابررساناهای نوع- I و نوع-II
۱.۱۰. کوانتش شار مغناطیسی

۲. تئوری‌های ابررسانایی
۲.۱. تئوری گینزبرگ-لانداو
۲.۲. معادلات تئوری گینزبرگ-لانداو
۲.۳. معادلات لندن
۲.٤. معادلات BCS

۳. انواع ابررسانا
۳.۱. انواع ابررساناها از نظر دما
۳.۲. انواع ابررساناها از نظر ترکیب
۳.۳. انواع ابررسانا بر اساس میدان
۳.٤. ابررساناهای جدید

٤. ترمودینامیک ابررساناها
٤.۱. گرمای ویژه
٤.۲. متغیرهای ترمودینامیکی
٤.۳. مقایسه‌ی ترمودینامیک ابررساناها با هادی‌های معمولی و معادلات ترمودینامیکی هر دو حالت
٤.٤- قراردادهای ترمودینامیکی

۵. خواص مغناطیسی ابررساناها
۵.۱. مقدمه
۵.۲ مغناطیس‌پذیری ابررساناها
۵.۳. مغناطیس‌کنندگی و گشتاور مغناطیسی (رفتار مغناطیسی ابررساناهای نوع- I و نوع-II)
۵.٤. حلقه‌ی هیسترزیس

نشانی: شهرک قدس، انتهای بلوار شهید دادمان، پژوهشگاه نیرو، گروه پژوهشی مواد غیرفلزی
شماره تلفن: ۸۸۰۷۹٤٤۷ و ۸۸۵۷۸۸۳۷
شماره فکس: ۸۸۰۷۹٤٤۷

ایمیل: superconductors@nri.ac.ir