خبرنامه

توسعه فناوری

# ابررسانا در صنعت برق

خبرنامه شماره ۳

زمستان ۱۳۹۷

پژوهشگاه نیرو
سند توسعه فناوری ابررسانا در صنعت برق

صاحب امتیاز:
پژوهشگاه نیرو

مدیر مسئول:
حسین کوهانی

همکاران این شماره:
پریسا جبارنژاد
حسام فلاح آرانی

## فهرست مطالب


| | |
|---|---|
| محدودکننده جریان خطای ابررسانا (SFCL) | صفحه ۲ |
| جلسه شورای راهبری سند توسعه فناوری ابررسانا در صنعت برق | صفحه ۵ |
| فراخوان پروژه‌های ابررسانا در بهمن ماه | صفحه ۶ |
| گفتگو با دکتر مهدی فردمنش | صفحه ۷ |
| بازدید از شرکت زمهریرسازان پیشتاز | صفحه ۹ |
| اخبار ابررسانا | صفحه ۱۰ |
| معرفی کتاب | صفحه ۱۲ |
| تبریک سال نو | صفحه ۱۳ |


نشانی: شهرک قدس، انتهای بلوار شهید دادمان، پژوهشگاه نیرو، **سند توسعه فناوری ابررسانا در صنعت برق**
تلفکس: ۸۸۰۷۹۴۴۷

ایمیل: superconductors@nri.ac.ir

# محدودکننده جریان خطای ابررسانا (SFCL)

شرایط خطا در سیستم قدرت می تواند از وقایعی نظیر اصابت صاعقه به یک خط انتقال، یا افتادن درخت روی خطوط و برخی رخدادهای دیگر ایجاد گردد. رخداد خطا یک هجوم جریانی را در سیستم قدرت موجب می‌شود که می‌تواند صدمه جدی به تجهیزات شبکه وارد آورد. از سوئیچ‌ها، نظیر مدارشکن‌ها، در پستهای انتقال برای حفاظت تجهیزات پست استفاده می‌گردد. وقتی شبکه‌های تحویل توان نوسازی گردیده یا منبع تولید جدیدی به شبکه اضافه می‌گردد، سطوح جریان خطا و تاثیرات حرارتی و مکانیکی وابسته به آن از استقامت تجهیزات موجود تجاوز نموده و مدارشکن‌ها در وضعیت اضافه جریان قرار می‌گیرند. برای حل این مسئله، تغییرات و نوسازی‌هایی را نظیر نوسازی پست‌ها یا تعویض مدارشکن‌ها می توان برنامه‌ریزی نمود. افزایش جریان‌های خطا بدلیل رشد بار و تغییرات ساختاری در شبکه، به عامل تعیین کننده‌ای در برنامه‌ریزی و عملکرد سیستم قدرت تبدیل شده‌اند. در صورتیکه از تکنیک‌ها و ابزارهایی برای کاهش سطوح رو به افزایش جریان خطا در شبکه‌های موجود استفاده نشود، امنیت تجهیزات، پرسنل، کیفیت توان و قابلیت اطمینان کلی سیستم همه در معرض خطر قرار می‌گیرند. محدودساز جریان خطا را کاهش داده و باعث می شود که مدارشکن‌های موجود امکان حفاظت از شبکه را همچنان داشته باشند.

کاربرد FCL در شبکه‌های تولید ، انتقال و توزیع و در اتصال منابع تولید انرژی تجدیدپذیر و تولید توزیع شده DG می‌باشد. امروزه خطوط انتقال سیستم‌های قدرت برای انتقال مقادیر زیاد انرژی، بسیار نزدیک‌تر به حد حرارتی خود هستند. برای محدود کردن جریان‌های خطا و بهبود پایداری دینامیکی سیستم‌های قدرت، انواع مختلفی از محدودکننده‌های جریان خطا مانند مقاومتی، القایی، ابررسانا، غیر ابررسانا، قفل شار، راکتور DC و تشدید FCL ارائه شده‌اند.

FCL های نوع مقاومتی و القایی مقاومت تقریبا صفر را در شرایط عملیاتی معمول فراهم می‌کنند، در حالی که مقاومت بالا را در شرایط معیوب ارائه می‌دهند. هر دو FCL ابررسانایی و FCL غیرابررسانا در شبکه‌های انتقال و توزیع و سیستم‌های انرژی تجدیدپذیر برای مقاصد مختلف مانند افزایش ثبات، بهبود حفاظت، کاهش جریان خطا و سوار شدن گسل از طریق ارتقای قابلیت استفاده شده‌اند. مزایا و معایب اصلی FCL های ابررسانایی و غیرابررسانایی در جدول زیر خلاصه می‌شود:

| | FCL غیرابررسانا | FCL ابررسانا |
|---|---|---|
| اندازه و وزن | اندازه بزرگ و وزن بالا | اندازه کوچک و وزن کم |
| قیمت | هزینه کمتر به دلیل ماهیت غیرابررسانایی | هزینه بیشتری به دلیل نیاز به نوار ابررسانا |
| اتلاف | در حالت عملیات عادی اتلاف دارند. | به جز نوع القایی بیشتر انها اتلافی ندارند. |
| وضعیت اجرایی | BFCL که اخیرا پیشنهاد شده و مدل‌های اصلاح شده آن در سیستم‌های واقعی اجرا نشده‌اند. | در برخی از کشورها اجرایی شده‌اند. |
| تداخل با خطوط ارتباطی | در هیچ تحقیقاتی، هیچ تداخلی گزارش نشده است. | با خطوط ارتباطی بعضی تداخلات دارد. |
| تشخیص خطا و کنترل سیستم | بیشتر آنها به یک تشخیص دهنده خطا و کنترل کننده مدار اضافی نیاز دارند. | بیشتر آنها به تشخیص دهنده خطا و کنترل کننده اضافی مدار نیاز ندارند. |
| پیچیدگی ساختار | دارای ساختار ساده هستند. | دارای ساختار پیچیده تر هستند. |

# محدودکننده جریان خطای ابررسانا (SFCL)

ظهور تولیدات پراکنده و مستقل توان الکتریکی و تقاضای بار رو به افزایش، باعث افزایش جریان خطا از حد نامی تجهیزات حفاظتی سیستم انتقال موجود می‌گردند. برخی راه‌حل‌های متداول برای کاهش اضافه جریان‌های خطا مانند: نوسازی پست‌ها، تقسیم باسهای موجود یا عملکرد ترتیبی مدارشکن‌ها (circuit breaker) بسیار گران بوده و وقفه نامطلوبی را در تامین سرویس سبب می‌شوند که قابلیت اطمینان کم سیستم قدرت را در پی دارد. راه‌حل‌های ارزانتر مثل استفاده از راکتورهای محدود کننده جریان تاثیرات جانبی نامطلوبی، مانند افزایش تلفات سیستم، مشکلات رگولاسیون ولتاژ و کاهش قابلیت اطمینان سیستم دربر دارند. مزایای محدودسازهای جریان ابررسانا از نظر اقتصادی و فنی آنرا قابل رقابت با سایر راه‌حل‌های موجود می‌سازد. یک مزیت عمده این محدودسازهای جریان ابررسانا (SFCL) آن است که در حالت عادی کار شبکه، غیر قابل رویت هستند و لذا اثرات جانبی بر سیستم اعمال نمی‌کنند، و نقش آنها با وقوع اتصال کوتاه شروع می‌شود. در صورت ادغام محدودسازها با ترانسفورماتورهای توزیع ابررسانا، امنیت و کیفیت برق برای مشترکین افزایش قابل توجهی خواهد داشت. برآورد اولیه بخش ابررسانایی EPRI نشان می‌دهد که استفاده از محدودسازهای ابررسانای جریان، یک بازار فروش با درآمد حدود ۳ تا ۷ میلیارد دلار در ۱۵ سال آینده بوجود خواهد آورد. استفاده از محدودسازهای ابررسانایی در شبکه قدرت دارای مزایای زیر است:

- ✓ کاهش هزینه کلیدهای قدرت و فیوزها
- ✓ کاهش نیاز به توسعه آینده سیستم و تعویق سرمایه‌گذاری برای توسعه شبکه
- ✓ ظرفیت عملیاتی تقویت‌شده برای سیستم قدرت و عدم نیاز به تصحیح خازنی
- ✓ افزایش قابلیت اطمینان در شبکه و افزایش کیفیت توان
- ✓ کاهش تلفات در شبکه قدرت

# محدودکننده جریان خطای ابررسانا (SFCL)

خصوصیات اصلی یک SFCL بدین شرح می باشد:

الف) این ابزار خودآغاز (self-triggered) و خودبرگشت (self-restoring) می‌باشد.

ب) فعال گردیدن سریع (fast activation) برای محدودسازی پیک اول جریان خطا

ج) بازگشت سریع (fast recovery) به حالت امپدانس پایین بعد از محدودسازی جریان در صورت رفع خطا

د) افت ولتاژ کم تحت شرایط عملکرد عادی (برای FCL های کلاسیک حدود ۵ ٪)

ه) تلفات کل FCL باید کمتر از تلفات ترانسفورماتوری و در محدوده 0.01-0.1% توان نامی شبکه‌ای باشد که حفاظت می‌گردد. SFCL بخوبی این مهم را برآورده می‌سازد.

و) عدم ایجاد مشکل ناپایداری در شبکه قدرت

ز) قابلیت اطمینان بالا

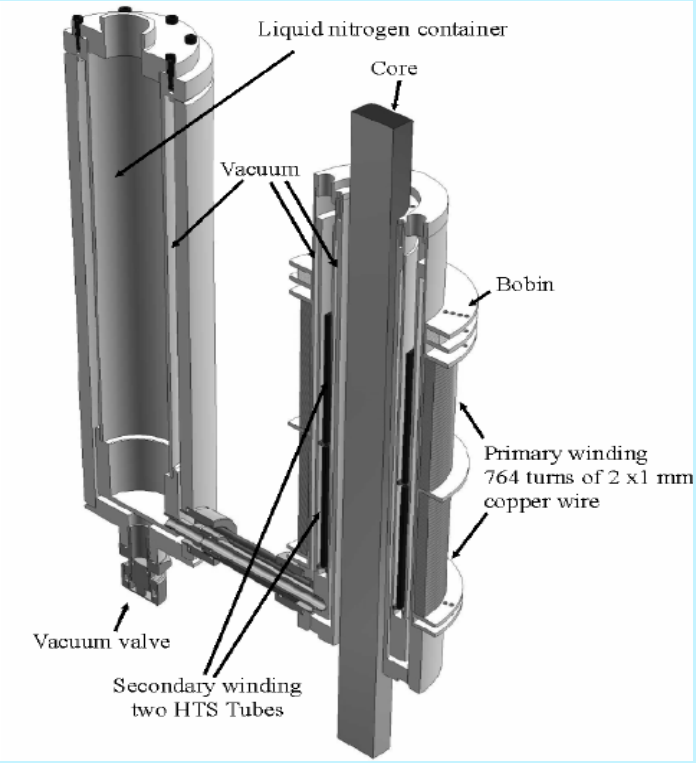
ح) نیاز به نگهداری و تعمیرات کم

ط) طول عمر بالا

ی) داشتن نسبت هزینه به عملکرد مطلوب (cost/performance ratio)

ساختار یک SFCL القایی نوعی در شکل روبرو ارائه گردیده است. هسته آهنی، سیم پیچی مسی و قسمت ابررسانا در شکل نشان داده شده است.

در حالت عملکرد عادی شبکه سیم پیچ ابررسانا با القا جریانهای بزرگ از نفوذ شار به هسته جلو گیری می‌کند و شاهد اندوکتانس کمی هستیم. با وقوع خطا و افزایش جریان، شار مغناطیسی به هسته نفوذ کرده و اندکتانس تجهیز یکباره افزایش می‌یابد و سبب محدودسازی جریان می‌گردد.



# جلسه شورای راهبری سند توسعه فناوری ابررسانا در صنعت برق

سومین جلسه شورای راهبری سند توسعه فناوری ابررسانا در صنعت برق با حضور آقایان مهندس فرضعلی‌زاده، مهندس فتحی ، دکتر فردمنش، دکتر آب نیکی ، دکتر ناصح ، دکتر بی‌آزار، دکتر کوهانی، دکتر فلاح و خانم‌ها دکتر ریاحی ، مهندس اصغرزاده ، مهندس مسلمی و دکتر عبدی در تاریخ ۹۷/۱۰/۲۲ تشکیل گردید.

در ابتدای جلسه کلیات مربوط به بازنگری سند توسعه فناوری ابررسانا برای اعضای محترم کمیته راهبری توسط آقای دکتر کوهانی ارایه شد. در ادامه تغییرات سند به صورت تجمیع طرح های توسعه فناوری ابررسانا در صنعت برق به شرح ذیل مطرح و به تصویب رسید.

**تسلط به دانش فنی طراحی و ساخت سیستم‌های خنک‌کن و عایق‌بندی مبتنی بر فناوری ابررسانا در دمای پایین به مدت ۶۰ ماه و ادغام طرح‌های ذیل :**

- طراحی و ساخت سیستم‌های خنک‌کن و عایق‌بندی در دمای پایین جهت استفاده در کابل ابررسانا
- طراحی و ساخت سیستم‌های خنک‌کن و عایق‌بندی در دمای پایین جهت استفاده در ترانسفورماتور ابررسانا
- طراحی و ساخت سیستم‌های خنک‌کن و عایق‌بندی در دمای پایین جهت استفاده در محدودساز جریان خطای ابررسانا
- طراحی و ساخت سیستم‌های خنک‌کن و عایق‌بندی در دمای پایین جهت استفاده در ذخیره‌ساز انرژی ابررسانا
- طراحی و ساخت سیستم‌های خنک‌کن و عایق‌بندی در دمای پایین جهت استفاده ژنراتور توربین بادی مبتنی بر فناوری ابررسانا

**تسلط به دانش فنی طراحی و ساخت تجهیزات مبتنی بر فناوری ابررسانا در دمای پایین به مدت ۶۰ ماه و ادغام طرح های ذیل:**

- تسلط به دانش فنی طراحی و ساخت کابل ابررسانا (تک‌فاز و سه‌فاز)
- تسلط به دانش فنی طراحی و ساخت محدودساز جریان خطا ابررسانا
- تسلط به دانش فنی طراحی و ساخت ترانسفورماتور ابررسانا
- تسلط به دانش فنی طراحی و ساخت سیستم ذخیره‌ساز انرژی ابررسانا
- تسلط به دانش فنی طراحی و ساخت ژنراتور توربین بادی مبتنی بر فناوری ابررسانا
- تسلط به دانش فنی طراحی و ساخت کمپرسور تولید نیتروژن مایع LN2

**تسلط به دانش فنی طراحی و ساخت پودر، سیم و نوار ابررسانا به مدت ۶۰ ماه و ادغام طرح‌های ذیل :**

- تسلط به دانش فنی ساخت (سنتز) پودرهای ابررسانا دما بالا
- تسلط به دانش فنی ساخت (سنتز) پودرهای ابررسانا دما پایین
- تسلط به دانش فنی ساخت سیم و نوار ابررسانای دما بالا
- تسلط به دانش فنی طراحی و ساخت سیم و نوار ابررسانای دما پایین

# فراخوان های بهمن ماه

در راستای سیاست‌های 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 توسعه فناوری ابررسانا در صنعت برق و انرژی از طریق فراخوان‌های عمومی برای کلیه متقاضیان فراهم گردیده است. از زمان آغاز فرایند برون سپاری (مرداد ماه ۹۶) تاکنون، فراخوان های متعددی مربوط به واگذاری پروژه‌های سند توسعه فناوری ابررسانا برگزار گردیده است. که در این شماره از خبرنامه فراخوان های مربوط به زمستان ۹۷ در ادامه آورده شده است که در بهمن ماه ارائه گردیده است:

**عنوان طرح: تسلط به دانش فنی طراحی و ساخت تجهیزات (کابل ،ترانسفورماتور و محدودساز جریان خطا و ذخیره ساز و ...) در دمای پایین جهت استفاده در تجهیزات با اولویت مبتنی بر ابررسانا (آزمایشگاهی، نیمه‌صنعتی و صنعتی)**

**عناوین پروژه‌های فراخوان شده:**

- ✓ **طراحی و ساخت محدودساز جریان خطا ابررسانا القایی جریان 40kA, 63kV در مقیاس صنعتی**
- ✓ **طراحی و ساخت ترانسفورماتور ابررسانای آزمایشگاهی 50 KVA**

**عنوان طرح: تسلط به دانش فنی طراحی و ساخت پودر، سیم و نوار ابررسانای دمابالا**

**عنوان پروژه فراخوان شده:**

- ✓ **امکانسنجی فنی-اقتصادی استفاده از کابل ابررسانا (تک و سه فاز) در شبکه توزیع و انتقال برق**

# گفتگو

## با دکتر مهدی فردمنش

- عضو هیأت علمی دانشکده مهندسی برق دانشگاه صنعتی شریف
- مدیرآزمایشگاه ادوات و مدارهای ابررسانایی دانشکده مهندسی برق دانشگاه صنعتی شریف

- **چه پروژه‌هایی در حوزه ابررسانا انجام داده اید؟و در چه مرحله ای قرار دارند؟**

در مورد سنسورها و دتکتورهای ابررسانا پروژه‌های متعددی انجام داده و به اتمام رسانده‌ایم. در حوزه صنعت برق نیز پروژه موتور ابررسانا انجام شد که به دلیل کمبود بودجه به مرحله ساخت نرسید. پروژه SFCL به روش رینگ بالک ابررسانا انجام شده و نمونه کوچکی نیز ساخته شد. ساخت بالک ابررسانا به روش melt texture که برای اولین بار در ایران ساخته شده، در ادامه رینگ‌های ابررسانا و در نتیجه توسط رینگ‌ها ساخت محدود کننده جریان ابررسانا انجام شده است. از دیگر پروژه‌های صنعت برق می‌توان به ساخت کابل ابررسانای نوع دوم با همکاری دانشگاه ترکیه و همکاری با دانشگاه مونیخ آلمان در پروژه ساخت فیلم نازک ابررسانا به روش MOD اشاره کرد. در حال حاضر پروژه ساخت فیلم نازک ابررسانا روی زیرلایه‌های فلزی در دست اجرا می‌باشد.

- **جایگاه ابررسانا در کشورمان و در دنیا را چگونه ارزیابی می‌کنید؟**

ابررسانایی یک فیلد استراتژیک است. تکنولوژی‌های نوین و پرپتانسیل نیاز به توجه ویژه مدیران رده بالا را دارد. اما متاسفانه در ایران پروژهای دیربازده مانند ابررسانا به اندازه کافی مورد توجه مدیران قرار نمی‌گیرند و مغفول می‌مانند. در حالیکه این حوزه در دنیا بسیار بحث مهمی است و کشورهای پیشرفته مانند آمریکا میلیاردها دلار برای پروژه‌های ابررسانایی هزینه می‌کنند. ابررسانایی در سطح بین‌الملل کاملا استراتژیک است و به خوبی پیش می‌رود. ژاپن و آمریکا در این زمینه پیشرو هستند و در حال تلاش برای پایین آوردن هزینه‌های ساخت هستند. فیوزهای ابررسانا در این کشورها وارد بازار شده و استفاده می‌شود.

- **برای پررنگ‌تر شدن سهم ابررساناها در حوزه صنعت برق و انرژی کشور چه اقداماتی را ضروری می‌دانید؟**

برای پررنگ شدن سهم ابررسانا در صنعت برق و انرژی، توجه ویژه مدیران رده بالای صنعت برق به این حوزه، سرمایه‌گذاری جدی در این حوزه و تشکیل گروه‌های داوری، پژوهشی، مشاوره‌ای قوی تخصصی از مهم‌ترین اقدامات ضروری است. چرا که پتانسیل بالایی از نظر نیروی انسانی در این زمینه در کشور وجود دارد.

- **برای ورود و توسعه فناوری بومی ابررسانا در کشور، چه زیرساخت‌هایی لازم است، فراهم گردد؟**

ورود پژوهشگاه نیرو به حوزه فناوری ابررسانا یک گام بزرگ مثبت است که در وزارت نیرو انجام شده است. در گام‌های بعدی لازم است مرکز ابررسانا و مغناطیس در پژوهشگاه نیرو توسعه یافته و با آزمایشگاه‌های تخصصی این حوزه لینک شوند. متخصصان این حوزه شناسایی شوند و بودجه‌ها به متخصصین واقعی این حوزه اختصاص داده شود.

- **در خصوص ابررساناها، تعامل دانشگاه و صنعت به چه صورت می‌تواند محقق شود؟**

از دانشگاه باید توقع توسعه‌های پایه‌ای تکنولوژیک را داشت بدین معنی که پایه های علمی فناوری ابررسانا در دانشگاه‌ها توسعه یابد و پس از اینکه به پختگی رسید وارد صنعت شود. در این مرحله از طریق صنعت برق واسطی ایجاد می‌شود تا دانشگاهیان بتوانند آن را تجاری و کاربردی کنند. دولت می‌تواند این حلقه رابط بین صنعت و دانشگاه را ایجاد نماید.

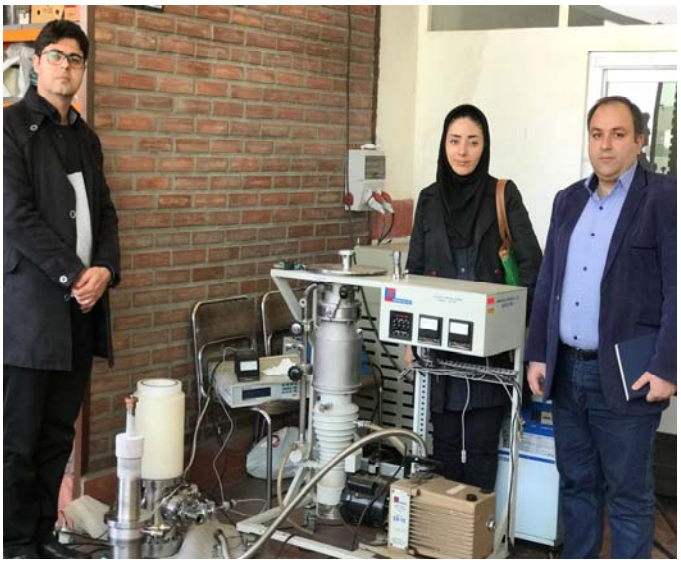
- **با توجه به شرایط تحریم علیه ایران و تاکید برساخت داخل چه شرایطی باید در دانشگاه‌ها فراهم شود تا این فناوری روند رو به رشد خود را حفظ کند؟**

وقتی بحث تحریم‌ها پیش می‌آید، باید از مرحله خیلی پایین‌تر سرمایه‌گذاری انجام شود و سرمایه‌گذاری در چیزهای بنیادی صورت گیرد، بدین معنی که مواد اولیه ابررسانا از مواد معدنی موجود در کشور تهیه و ساخته شود. گازهای خلوص بالای مورد استفاده نیز وارداتی هستند و باید در تولید آنها نیز به خودکفایی برسیم. مواد و خلوص مواد، گاز و خلوص گاز از مسائل پایه‌ای ابررسانا هستند که در شرایط تحریم به تجربه و تکنولوژی لازم برای تولید آنها نیاز داریم.

- **در خصوص ابهامات نسبت به عدم توجیه اقتصادی استفاده از ابررسانا در کشور ذکر چه توضیحاتی را مفید میدانید؟**

بینشی که در خصوص عدم توجیه اقتصادی ابررساناها وجود دارد به این علت است که هزینه‌هایی که به خاطر عدم استفاده از این تکنولوژی روز دنیا تحمیل می‌شوند هزینه‌های نهان هستند و در نظر گرفته نمی‌شوند. در حالیکه استفاده از یک ذخیره‌ساز انرژی ابررسانایی (هر چند با هزینه ساخت بالا) در کارخانه‌هایی که بار لحظه‌ای آنها بالا است و هزینه‌های سنگینی برای صنعت برق کشور دارند، با در نظر گرفتن کارایی آن بسیار مقرون به صرفه خواهد بود.

# بازدید از شرکت زمهریرسازان پیشتاز
# تولید کننده ادوات سرمایشی



مجری محترم سند توسعه فناوری ابرسانا در صنعت برق، جناب آقای دکتر کوهانی به همراه آقای دکتر فلاح و خانم مهندس جبارنژاد به منظور بررسی توانمندی‌های شرکت زمهریرسازان پیشتاز در تولید محصولات سرمایشی مرتبط با حوزه ابررسانا، در تاریخ ۹۷/۱۲/۱۵ بازدیدی را از کارگاه‌های این شرکت واقع در دانشگاه قم داشتند.

فعالیت‌های اصلی شرکت زمهریرسازان پیشتاز بر طراحی و ساخت ابزارهای دمای فوق سرد (کرایجنیک) و تولید آن‌ها، متمرکز شده است. ساخت تجهیزات ابررساناهای دمای پایین (LTS) در محدوده دمایی ۱۰ کلوین نیز در حیطه فعالیت‌های این شرکت قرار دارد. هدف اصلی شرکت برطرف کردن نیازهای صنایع کشور در حوزه دمای فوق سرد (کرایجنیک) است.

محصولات شرکت شامل : کرایواستات، کرایوپمپ، دستگاه تولید نیتروژن مایع ، دستگاه میعان ساز هوا ، کالیبراسیون سنسورهای دمای فوق سرد با دقت بالا ، کمپرسورهای سیکل بسته هلیومی و ... می‌شود. یکی از کاربری‌های محصولات شرکت زمهریر سازان پیشتاز در حوزه مراکز پژوهشی و دانشگاه‌ها (در تحقیقات ابررسانایی، علم مواد و ...) است.

طی بازدید از کارگاه‌های شرکت زمهریرسازان پیشتاز در دانشگاه قم و بررسی توانمندی‌های این شرکت و کارایی محصولات کرایجنیک تولید شده توسط این شرکت، مقرر گردید در بخش سرمایشی پروژه‌های سند ابررسانا با این شرکت همکاری‌های بیشتری صورت پذیرد.

# اخبار ابررسانا

## پژوهشگر ابررسانا یکی از ده چهره شاخص علمی سال ۲۰۱۸

مجله‌ی Nature هر سال فهرستی از چهره‌های شاخص علمی را منتشر می‌کند که تلاش‌های آن‌ها تأثیر زیادی بر علم داشته است. Nature's 10 یا ده چهره‌ی برتر Nature، فهرستی سالیانه از ده چهره‌ی شاخص علمی است. این فهرست شامل افرادی است که نقش یا موقعیت آن‌ها تأثیر زیادی بر علم گذاشته است. یوآن کائو دانشجوی دکترا که به خاصیت ابررسانایی صفحات کربنی ضخیم پی برد یکی از این افراد می‌باشد که در ادامه بیوگرافی کوتاهی از این پژوهشگر ارائه شده است.

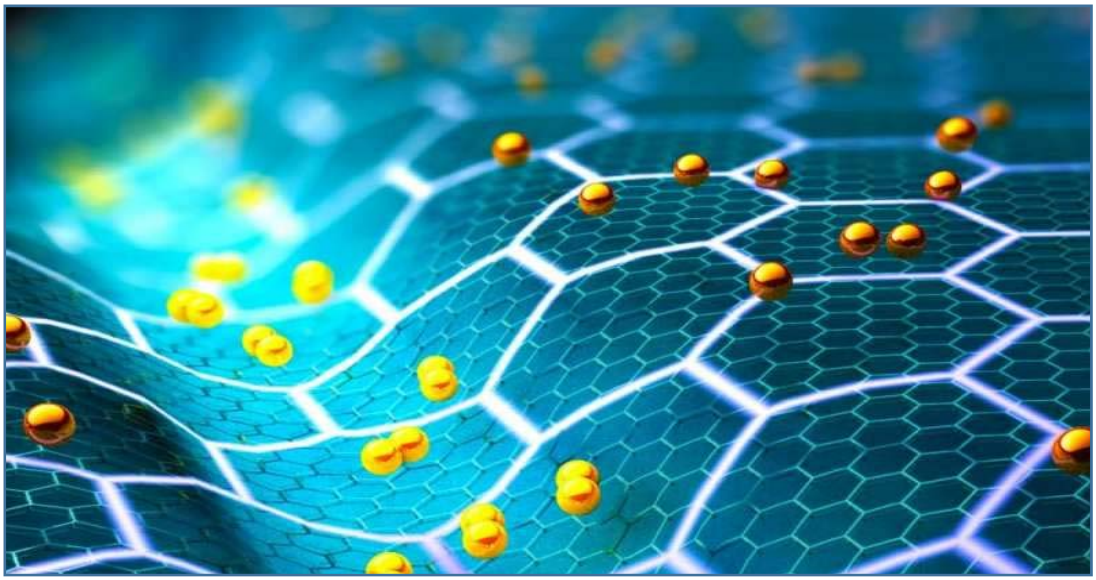
**یوآن کائو** یک نوجوان معمولی نبود. تا سن هجده‌سالگی موفق به دریافت درجه‌ی کارشناسی ارشد از دانشگاه علوم و فناوری چین در هفئی شد و برای شروع دوره‌ی دکترا به ایالات‌متحده رفت. روند پیشرفت او به سرعت ادامه یافت تا اینکه در سن ۲۱ سالگی موفق به انتشار دو مقاله در مورد رفتار عجیب لایه‌های ضخیم اتم کربنی شد. این مقاله مقدمه‌ای برای ایجاد شاخه‌ای جدید در فیزیک شد.

# اخبار ابررسانا

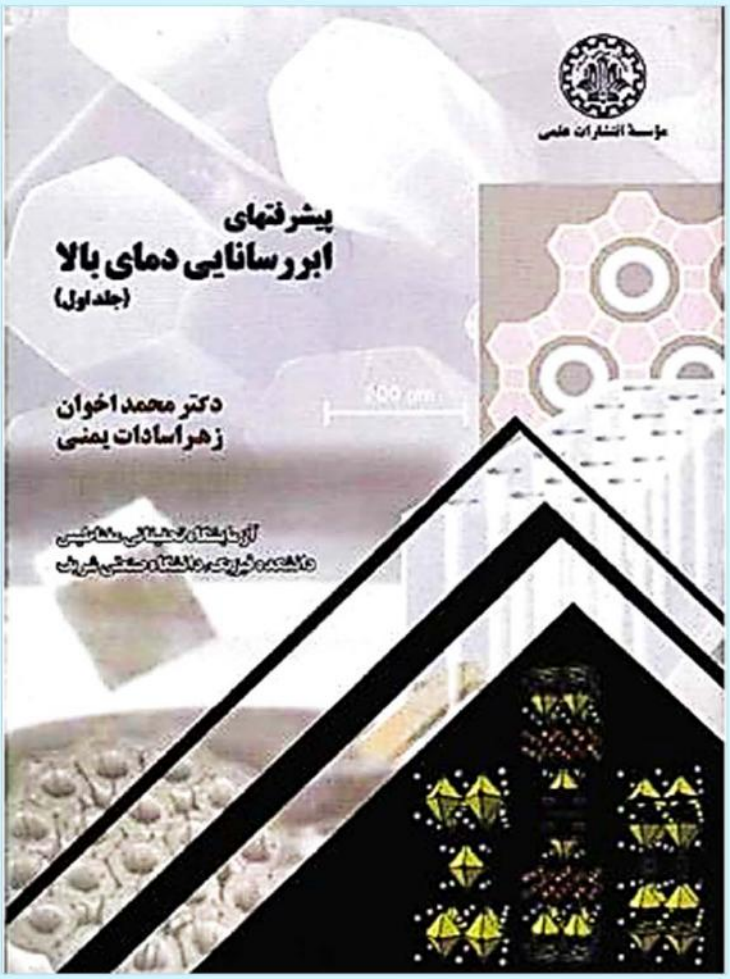
## پژوهشگر ابررسانا یکی از ده چهره شاخص علمی سال ۲۰۱۸

قبل از پیوستن کائو به آزمایشگاه دانشگاه فناوری ماساچوست (MIT) در سال ۲۰۱۴، گروه پژوهشی **پابلو جارلیو، هررو** کار روی لایه‌بندی و چرخاندن صفحات کربن در زاویه‌های مختلف را آغاز کرده بود. وظیفه‌ی کائو بررسی اتفاقاتی بود که هنگام پیچ خوردن یک لایه‌ی **گرافنی** پشته‌های دولایه‌ای رخ می‌دهد. این ویژگی از نظر تئوری می‌تواند رفتار ماده را تغییر دهد.

بسیاری از فیزیک‌دان‌ها به این نظریه شک داشتند تا اینکه کائو هنگام ساخت پشته‌های به هم پیچیده، شاهد پدیده‌ای عجیب شد. گرافن با قرار گرفتن در معرض یک میدان الکتریکی کوچک و سرد شدن تا دمای ۱.۷ درجه بالای صفر مطلق (که معمولا باعث انتقال جریان برق می‌شود) به عایق تبدیل شد. این پدیده در نوع خود شگفت‌انگیز بود. به عقیده‌ی کائو این کشف تأثیر زیادی بر جامعه‌ی علمی خواهد داشت؛ اما بهترین نتیجه‌ی این آزمایش تبدیل صفحات به **ابررسانا** بود که با کمی تغییر میدان می‌توان به این هدف رسید. قابلیت قرار دادن کربن ضخیم در یک وضعیت الکترونیکی پیچیده با یک چرخش ساده، فیزیک‌دان‌ها را تشویق کرد که این رفتار را در دیگر مواد پیچ‌خورده‌ی دوبعدی هم جستجو کنند. حتی بعضی هم امیدوارند گرافن بتواند بر **ابررسانایی** مواد پیچیده‌تر دردماهای بالاتر تأثیر بگذارد. به عقیده‌ی کوری دین، فیزیکدان دانشگاه کالیفرنیا در شهر نیویورک، فرصت‌های زیادی برای کار روی این نظریه وجود دارد. با آزمون و خطاهای متعدد می‌توان به زاویه‌ی جادویی گرافن(چرخش بین صفحات گرافن با زاویه‌ی ۱.۱ درجه) دست پیدا کرد؛ اما کائو خیلی زود توانست با قابلیت اطمینان بالا به این نتیجه برسد و به یکی از پیشتازان روش پاره کردن یک صفحه‌ی گرافنی و ساخت یک پشته از دولایه با جهت‌گیری یکسان و ترازبندی موفق تبدیل شد. همچنین سیستم برودتی را هم به گونه‌ای تغییر داد تا خاصیت ابررسانایی واضح‌تر باشد.



# معرفی کتاب




در این کتاب، مطالب گسترده‌ای در مورد آخرین پیشرفت‌های تحقیقاتی در زمینه ابررسانایی دمای بالا گردآوری شده است. اگر چه قسمت عمده تحقیقات در زمینه ابررسانایی دمای بالا در دهه اول کشف این پدیده انجام شده است، اما این مجموعه سه بار ویرایش کامل شده و مطالب و مراجع جدید به آن افزوده شده است. این مجموعه شامل ۶ فصل است که شامل مروری بر پدیده ابررسانایی و ابررساناهای متعارف، معرفی ابررسانایی دمای بالا، روش‌های ساخت، ریز ساختار،ساختار بلوری،خواص ترمودینامیکی، خواص ترابردی گرمایی و ساختار الکترونی ابررساناهای دمای بالاست. این مجموعه می‌تواند مسیر تحقیق در موضوع ابررسانایی و به‌خصوص ابررسانایی دمای بالا را برای محققین جوان کشور تا حدودی هموار نماید.

همکاران ما در سند توسعه فناوری ابررسانا در صنعت برق فرا رسیدن بهار طبیعت و حلول سال نو را خدمت تمامی همکاران گرامی پژوهشگاه نیرو تبریک و تهنیت عرض نموده و از درگاه حضرت دوست ایامی فرخنده، مبارک و سرشار از سلامتی و موفقیت را برای شما و خانواده‌های محترم و همچنین جامعه پژوهشگاه نیرو مسئلت دارد.

# در شماره بعدی خواهید خواند:

معرفی ترانسفورماتور ابررسانا: محدودیت‌ها و کاربردها

سیستم‌های سرمایشی در حوزه ابررسانا

معرفی کتاب‌های جدید در حوزه ابررسانا

**نشانی: شهرک قدس، انتهای بلوار شهید دادمان، پژوهشگاه نیرو، سند توسعه فناوری ابررسانا در صنعت برق**
**تلفکس: ۸۸۰۷۹۴۴۷**

ایمیل: **superconductors@nri.ac.ir**