



دانشگاه زنجان

دانشکده مهندسی

گروه برق

پایان نامه کارشناسی

گرایش:

قدرت

عنوان:

ابزار ساناها و کاربرد آن ها

استاد راهنما:

دکتر سعید جلیل زاده

نگارش:

محسن رجاییان

شهریور ۹۴

فهرست مطالب	صفحه
مقدمه	۱
فصل اول	۲
کشف ابر رسانایی	۲
ابر رسانایی چیست؟	۵
افزایش دمای بحرانی ابر رسانایی	۸
فصل دوم	۱۲
اصول الکتریسیته	۱۲
ساختار اتمی	۱۴
آثار جوزفسون	۱۷
اثر مایسنر-اوکسنفلد	۱۸
میانی نظری ابر رسانایی	۲۰
تهیه ابر رسانا	۲۳
ابر رساناهای تجاری	۲۳
ابر رساناهای آزمایشگاهی	۲۴
فصل سوم	۲۷
نقش ابر رسانایی در نیروگاه ها	۲۷
الکتریسیته مصرفی جهانی	۲۷
تولید برق	۳۱
کاربرد ابر رساناها در سیستم های ذخیره انرژی	۳۳
نقش ابر رساناها در توزیع انرژی	۳۵
مصرف انرژی	۳۶
فصل چهارم	۳۷
ابر رسانایی و صنعت الکترونیک	۳۷
ترانزیستور	۳۷
مدار مجتمع	۳۹
نقش ابر رسانایی	۴۰

فهرست مطالب	صفحه
استفاده از مواد ابر رسانایی در ساخت اتصالات داخلی	۴۱
چگالی جریان الکتریکی	۴۲
پیوندهای جوزفسون	۴۳
شرکت هایپرز	۴۴
فصل پنجم	۴۶
کاربرد های ابر رسانایی در علوم و پزشکی	۴۶
علوم	۴۶
فیزیک انرژی های بالا	۴۷
پر تاب کننده های ابر رسانایی	۴۹
همجوشی هسته ای	۵۰
جدا کننده های مغناطیسی	۵۳
اسکوئید	۵۳
کاربرد های دیگر ابر رسانایی در پزشکی	۵۵
MRI	۵۵
فصل ششم	۵۹
ابر رسانایی و ترابری	۵۹
ترن های شناور مغناطیسی	۵۹
کاربرد ابر رسانایی در خودروها و کشتی های الکتریکی	۶۲
فصل هفتم	۶۴
کاربرد ابر رسانایی در صنایع نظامی	۶۴
موتورهای ابر رسانایی	۶۴
تفنگ های ریلی ابر رسانایی	۶۵
تفنگ های لیزری	۶۵
حسگرهای ابر رسانایی	۶۶
منابع	۶۷

مقدمه

رسانایی الکتریکی به مفهوم اندازه‌گیری قابلیت هدایت جریان الکتریکی در یک ماده می‌باشد و

یکی آن در سیستم استاندارد بین‌المللی واحدها، زیمنس است. در بعضی از اجسام، انتقال بار الکتریکی از منطقه‌ای در درون جسم به منطقه دیگر آن به آسانی صورت می‌گیرد و در بعضی چنین نیست.

رسانا: اجسامی که می‌توانند جریان الکتریسیته را بدون اتلاف زیاد (با مقاومت الکتریکی کم) از

خود عبور دهند، رسانای الکتریسته خوانده می‌شوند.

ابر رساناها: ابررساناها برخی از فلزها، آلیاژها یا ترکیب‌های فلزها هستند که در دماهای

پایین نزدیک به صفر مطلق، مقاومت الکتریکی و نفوذپذیری مغناطیسی خود را از دست می‌دهند و رسانایی الکتریکی آن‌ها بی‌نهایت زیاد می‌شود. محدوده دمایی به ماهیت ماده بستگی

دارد، که از حدود ۰.۵ تا ۱۸ درجه کلوین است. خاصیت ابررسانایی در فلزات قلیایی، فلزهای

نجیب و مواد فرو مغناطیس مشاهده نشده است، بلکه به طور عمده در عنصرهایی که اتم آن‌ها ۳، ۵ یا ۷ الکترون در لایه ظرفیت خود دارد و مقاومت الکتریکی آن‌ها در دمای معمولی زیاد

است به وجود می‌آید.

فصل اول: ابر رسانایی چیست؟

کشف ابر رسانایی

ابر رسانایی 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 $4K$ (معرف درجه کلین است که در آن صفر کلین تقریباً برابر $4.2K - 4.60$ درجه فارنهایت و یا $273 - 273$ درجه سانتی گراد است)، مقاومت نمونه ناگهان به صفر سقوط می کند 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 می رسد 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 ابر رسانایی نامیدند.

هر گونه تلاش برای یافتن کوچک ترین اثری از مقاومت در ابر رساناها راه به جایی نبرد.

با توجه به حساسیت وسایل اندازه گیری جدید، می توان گفت که مقاومت ویژه ابر رساناها، حداقل تا دقت $10^{-10} \Omega cm$ ، صفر است. در مقایسه، می دانیم که مرتبه بزرگی مقاومت ویژه مس $10^{-9} \Omega cm$ با خلوص بالا در $4.2K$ برابر با $10^{-9} \Omega cm$ است.

مدت کوتاهی پس از کشف ابر رسانایی 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.

دمای گذار از حالت عادی به ابر رسانایی را دمای بحرانی T_c می نامند. زمان کوتاهی پس از این کشف معلوم شد که نه تنها با گرم کردن نمونه، بلکه با قرار دادن آن در میدان مغناطیسی نسبتاً ضعیف می توان ابر رسانایی را از بین برد. این میدان، H_{cm} ، را میدان بحرانی می خوانند.

جدول (۱-۱) مقادیر T_c ، H_{cm} را برای تعدادی از عناصر ابر رسانا نشان می دهد.

جدول ۱-۱ دماهای بحرانی میدان های مغناطیسی بحرانی عناصر ابر رسانا

عنصر	$T_c (K)$	$H_{cm(0)} (O_e)$	عنصر	$T_c (K)$	$H_{cm(0)} (O_e)$
Al	$1/175 \pm 0/002$	$104/9 \pm 0/03$	Pa	۱/۴	803 ± 1
Be	۱/۰۲۶		Pb	$7/196 \pm 0/006$	200 ± 5
Cd	$0/517 \pm 0/002$	28 ± 1	Re	$1/697 \pm 0/006$	69 ± 2
Ga	$1/083 \pm 0/001$	$59/2 \pm 0/3$	Ru	$0/49 \pm 0/015$	305 ± 2
Hf	۰/۱۲۸		Sn	$3/722 \pm 0/001$	829 ± 6
Hg(α)	$4/154 \pm 0/001$	411 ± 2	Ta	$4/47 \pm 0/04$	۱۴۱۰
Hg(β)	۳/۹۴۹	۳۳۹	Tc	$7/8 \pm 0/01$	160 ± 3
In	$3/408 \pm 0/001$	$281/5 \pm 2$	Th	$1/38 \pm 0/02$	۵۶
Ir	$0/1125 \pm 0/001$	$16 \pm 0/05$	Ti	$0/40 \pm 0/04$	178 ± 5
La(α)	$4/88 \pm 0/02$	800 ± 10	Tl	$2/38 \pm 0/04$	۱۴۰۸
La(β)	$6/0 \pm 0/1$	1096.1600	V	$5/40 \pm 0/05$	$1/15 \pm 0/3$
Lu	۰/۱	< 400	W	$0/154 \pm 5/000$	$54 \pm 0/3$
Mo	$0/915 \pm 0/005$	96 ± 3	Zn	$0/185 \pm 0/01$	۴۷
Nb	$9/25 \pm 0/02$	2060 ± 50	Zr	$0/61 \pm 1/15$	
Os	$0/166 \pm 0/03$	۷۰	-	-	-

در اکثر نوشتارهای انگلیسی زبان، H_{cm} را میدان بحرانی ترمودینامیکی، H_{cth} ، می نامند.

در این جا $H_{cm(0)}$ میدان بحرانی برون یابی شده تا صفر مطلق است. وابستگی دمایی H_{cm} با

رابطه تجربی زیر سازگاری خوبی دارد.

$$H_{cm}(T) = h_{cm}(0) \left[1 - \left(\frac{T}{T_c} \right)^2 \right] \quad (1-1)$$

در سال های اخیر، 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

نظامی، ترابری، برق، الکترونیک و موارد زیاد دیگری کاربرد پیدا کرده است.

تقریباً همه روزه رساناهای عمومی در سرتاسر دنیا مطالب جالب و متنوعی را درباره این پدیده، که شدیداً مورد علاقه خوانندگان و شنوندگان بسیاری است، درج و پخش می‌کنند. اگر چه غالباً تحلیل‌ها و پیش‌گویی‌های دانشمندان بعد از یک دوران شکوفایی سریعاً رو به افول می‌گذارد، با این همه تب ابر رسانایی همچنان سازمان‌های مختلف تجاری و دولتی را فرا گرفته است.

در ایالات متحده، عقیده بر این است که ابر رسانایی نقشی کلیدی در آینده فناوری این کشور بازی خواهد کرد و نیز می‌تواند به عنوان وسیله‌ای کار ساز در میدان رقابت فنی با ژاپن مورد استفاده قرار گیرد. دیدگاه‌های نظامی در مورد ابر رسانایی با کمی تفاوت، بیشتر بر ساخت سلاح‌های سریع و دقیق‌تر و نیز ابزار دیده‌بانی متمرکز می‌شود. صرف نظر از موارد کاربردی آن، بسیاری از شرکت‌ها در زمینه تجاری ابر رسانایی با هم رقابت می‌کنند.

اغلب سازمان‌هایی که با مسائل فنی سرو کار دارند، از قبیل بل، جنرال الکتریک و آی. بی. ام با این مسأله ارتباط تنگاتنگ دارند و نیز فعالیت اصلی بسیاری از شرکت‌های جدیدتر بر روی این پدیده متمرکز است. حتی گفته می‌شود که از نظر فناوری، صنعت ابر رسانایی مترادف با صنعت نیمه رسانایی است.

به هر حال، ابر رسانایی موضوعی بسیار گسترده است. کوشش برای شناخت و یادگیری این پدیده پژوهشگران را با مطالعه و بررسی زمینه‌های بالقوه دیگر آن از قبیل پزشکی، فیزیک ریز اتمی، شیمی، سرامیک، زیر دریایی‌هایی که عمدتاً در امور جنگی از آنها استفاده می‌شود و حتی مسائل سیاسی و امنیتی دربرگیرنده دارد.

اگر چه ابر رسانایی از سال ۱۹۱۱ برای دانشمندان پدیده‌ای شناخته شده بوده است، اما اهمیت آن به عنوان یک عامل بالقوه در سال‌های اخیر مشخص و مورد توجه قرار گرفته است.

زمینه مقایسه کرد.

ابر رسانایی پدیده ای چند چهره است که مزیت های بسیاری را در ارتباط با فناوری روز ارائه می دهد.

ابر رسانایی دارای جنبه های بسیاری است که دانشمندان مختلف به منظور توسعه و پیشرفت این جنبه ها، فعالیت می کنند. هدف اصلی این تلاش ها به کار گیری عملی ابر رساناها در صنعت و فناوری است. همان گونه که با قرار گرفتن تعدادی ترانزیستور در کنار قطعات دیگر وسیله ای الکترونیکی (مثلا رادیو) ساخته می شود، اثر کامل ابر رساناها نیز زمانی ظاهر می شود که به شکلی عملی مورد استفاده قرار گیرند. برای رسیدن به چنین هدفی تلاش گسترده، به شکل رقابت

ابر رسانایی چیست؟

ابر رسانایی برای نخستین بار در سال ۱۹۱۱ توسط یک فیزیکدان هلندی به نام هیک کامرلینگ انس^۱ کشف گردید. انس روی اثر دماهای خیلی پایین بر خواص فلزات مطالعه می کرد. او در حین آزمایش هایش متوجه شد که اگر جیوه تا دمای $4K$ سرد شود، مقاومتش را در مقابل عبور الکتریسیته از دست می دهد. (K معرف درجه کلوین است، که در آن صفر کلوین تقریباً برابر $273-$ درجه فارنهایت و یا $273-$ درجه سانتی گراد است.)

به منظور فهم کامل این کشف و پی بردن به اهمیت آن نیاز به این است که در مورد الکتریسیته و جریان الکتریکی اطلاعاتی از قبل داشته باشیم. به شکل خیلی ساده، الکتریسیته حرکت الکترون هاست که جریان الکتریکی نامیده می شود. دلیل ایجاد چنین جریانی را در فصل

^۱ Heike kamerlingh Onnes

بعد مطالعه خواهیم کرد، اما در حال حاضر فرض می‌کنیم که جریانی از الکترون‌ها وجود داشته باشد. معمولا ماده ای را که در آن الکترون‌ها می‌توانند جریان پیدا کنند رسانا می‌نامند. برای مثال اغلب وسایل الکتریکی دارای سیمی متصل به یک دو شاخه هستند. معمولا این سیم که رساناست از ماده ای فلزی مانند مس ساخته شده است. زمانی که دو شاخه داخل پریز قرار می‌گیرد جریان الکتریکی در داخل سیم برقرار می‌شود. پریزها توسط سیم‌های دیگر به جعبه فیوز متصلند و جعبه فیوز نیز توسط سیم‌های رسانا به خطوط قدرت که برق ساختمان را تامین می‌کنند وصل می‌شود.

بنابراین یک رسانا ماده ای است که می‌تواند جریان الکتریکی را به خوبی از خود عبور دهد. مس رسانای بسیار خوبی است که معمولا سیم‌ها و کابل‌های انتقال را از آن می‌سازند. آلومینیوم، نقره و طلا هم رساناهای خوبی هستند. موادی از قبیل شیشه، جیر و چوب که جریان الکتریکی را هدایت نمی‌کنند، نارسانا یا عایق نامیده می‌شوند. مواد دیگری که جریان الکتریکی را تا اندازه ای هدایت می‌کنند (نه به خوبی رساناهایی مثل مس) نیمه رسانا نام دارند. به هر حال، باید توجه داشت که حتی بهترین رساناها (مانند مس) رساناهای کاملی نیستند زیرا، به علت داشتن مقاومت الکتریکی، درصدی از انرژی الکتریکی عبوری از خود را هدر می‌دهند. مقاومت مانعی در سر راه جریان الکتریسیته است و عایق‌ها به علت داشتن مقاومت بالا جریان الکتریکی را به خوبی از خود عبور نمی‌دهند. اگر چه مقاومت الکتریکی نیمه رساناها تا حدی زیاد است اما آن قدر زیاد نیست که مانع عبور جریان الکتریسیته شود. مقاومت رساناها در مقابل عبور جریان کم است. علت وجود مقاومت در مواد مربوط به خواص اتمی آن‌ها می‌شود که در فصل بعد مورد بحث قرار می‌گیرد و این اساس ظاهر شدن پدیده ابر رسانایی است.

قبل از سال ۱۹۱۱، حذف مقاومت الکتریکی حتی در بهترین رساناها امکان پذیر نبود. در این سال با کشف پدیده ابر رسانایی گونه ای جدید از رسانا که (ابر رسانا) نامیده می‌شوند تولید یافتند. به طور ساده ابر رساناها، موادی هستند که عملا الکتریسیته را بدون هیچ مقاومتی از خود عبور می‌دهند و در نتیجه انرژی الکتریکی به هیچ وجه تلف نمی‌شود. جدول ۲-۱ مشخصات ۴ دسته از مواد را از نظر رسانایی نشان می‌دهد.

دانشجویان محترم:

جهت دسترسی به متن کامل پایان نامه‌ها به کتابخانه دانشکده مهندسی و یا آزمایشگاه پروژه گروه برق مراجعه فرمایید.

۱. Buckles , W.E.et al , ۱۹۹۳ , "The SSD : A commrcial application of manetic energy storage " , TEEE Tansactions on Applied Superconductivity , Vol . ۳ , No۱.

۲. Hassenzahl , W, ۱۹۸۹ , " Supcreonducting magnetic energy storage " IEEE Transactions on Magnetics . vol ۲۵, No۲,pp ۷۵۶ – ۷۵۸.

۳. Machowski , J , and Nelles , D , ۱۹۹۲ , " Optimal control of supcrconducting magnetiv energy storage unit : Electric Machines and power Systems , vol ۲۰ , No۶.

۴. Pavella , M , and Murthy , P.G, ۱۹۹۴, Transient stability of power systems ; theory and practice , John Wiley & Sons.

۵. صادق زاده ، سید محمد ، واحسان ، مهدی " مقایسه روشهای مختلف پیشگیرانه و بیدرتنگ پایداری گذار در سیستم های قدرت " نشریه علمی و پژوهشی برق ، زمستان ۱۳۷۴.

۶. Sadeghzadeh , S.M,and Ehasn , M , ۱۹۹۶ , " Fuzzy control of a power system using energy function " , International Journal of Seiencc and Technology , vol۳, Nos. ۱ , ۲ , ۳ , pp , ۸۱ – ۸۸ .

۷. Sadeghzadeh , S,M , et al , ۱۹۹۷ , "Transicnt stability improvement of multi – machinc power systems using on – line fuzzy control of SMES",CPSPP'۹۷ , IFAC/CIGRE Symposium on Control of power Systems and power plants , Beijing , China , pp . ۲۴۷ – ۲۵۲.

۸. Sadeghzadeh , S.M,et al , ۱۹۹۷ , " Multi – machinc power system transient stability improvement using fuzzy sliding mode

code control of SMES " . UPEC"۹۷- UMIST , Manchester , UK ,
Vol ۲ ,pp.۶۷۱-۷۴.

۹. Sadeghzadeh , S.M, et al , ۱۹۹۸ , "Improvement of transient
stability limit in power system transmission lines using fuzzy
control of FACTS devices " , IEEE Transaction on power system ,
vol , ۱۳ , No . ۳,pp . ۹۱۷-۹۹۲

۱۰. <http://www.nanotechweb.org/articles/news/۴/۶/۱۱/۱>
Iranian Nanotechnology