١٠٢٨١٥

دانشگاه تربیت مدرس

دانشکده علوم پایه

پایان‌نامه دوره کارشناسی ارشد (شیمی تجزیه)

عنوان

سنتز تعدادی از پلیمرهای هادی با ساختار نانو و کاربرد آنها در ابرخازنها

نگارش

حمیدرضا قناعتیان

۱۳۸۷ /۵/ ۲۵

استاد راهنما

دکتر میرفضل‌الله موسوی

شهریور ۱۳۸۶

۱۰۲۸۱۵

٤٢٩٨

بسمه تعالی

تأییدیه اعضای هیأت داوران حاضر در جلسه دفاع از پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد

اعضای هیئت داوران نسخهٔ نهایی پایان‌نامه آقای **حمیدرضا قناعتیان** رشته **شیمی** گرایش **تجزیه** تحت‌عنوان: «**سنتز تعدادی از پلیمرهای هادی با ساختار نانو و کاربرد آنها در ابرخازنها**» را از نظر فرم و محتوا بررسی نموده و آنرا برای اخذ درجهٔ کارشناسی‌ارشد مورد تائید قرار دادند.

اعضای هیأت داوران	نام و نام خانوادگی	رتبهٔ علمی	امضاء
۱- استاد راهنما	آقای دکتر میرفضل... موسوی	استاد	
۲- استاد ناظر داخلی	آقای دکتر نادر علیزاده‌مطلق	استاد	
۳- استاد ناظر داخلی	آقای دکتر یدا... یمینی	استاد	
۴- استاد ناظر خارجی	آقای دکتر محمدصفی رحمانی‌فر	استادیار	
۵- نماینده تحصیلات تکمیلی	آقای دکتر یدا... یمینی	استاد	

۱۰۲۸۱۵

دستورالعمل حق مالکیت مادی و معنوی در مورد نتایج پژوهشهای علمی دانشگاه تربیت مدرس

مقدمه: با عنایت به سیاست‌های پژوهشی دانشگاه در راستای تحقق عدالت و کرامت انسانها که لازمه شکوفایی علمی و فنی است و رعایت حقوق مادی و معنوی دانشگاه و پژوهشگران، لازم است اعضای هیات علمی، دانشجویان، دانش آموختگان و دیگر همکاران طرح، در مورد نتایج پژوهشهای علمی که تحت عناوین پایان‌نامه، رساله و طرحهای تحقیقاتی که با هماهنگی دانشگاه انجام شده است، موارد ذیل را رعایت نمایند:

ماده ۱- حقوق مادی و معنوی پایان نامه‌ها / رساله‌های مصوب دانشگاه متعلق به دانشگاه است و هرگونه بهره‌برداری از آن باید با ذکر نام دانشگاه و رعایت آیین‌نامه‌ها و دستورالعمل‌های مصوب دانشگاه باشد.

ماده ۲- انتشار مقاله یا مقالات مستخرج از پایان نامه/ رساله به صورت چاپ در نشریات علمی و یا ارائه در مجامع علمی باید به نام دانشگاه بوده و استاد راهنما مسئول مکاتبات مقاله باشند.

تبصره: در مقالاتی که پس از دانش آموختگی بصورت ترکیبی از اطلاعات جدید و نتایج حاصل از پایان‌نامه/ رساله نیز منتشر می‌شود نیز باید نام دانشگاه درج شود.

ماده ۳- انتشار کتاب حاصل از نتایج پایان نامه / رساله و تمامی طرحهای تحقیقاتی دانشگاه باید با مجوز کتبی صادره از طریق حوزه پژوهشی دانشگاه و بر اساس آئین نامه های مصوب انجام می‌شود.

ماده ۴- ثبت اختراع و تدوین دانش فنی و یا ارائه در جشنواره‌های ملی، منطقه‌ای و بین‌المللی که حاصل نتایج مستخرج از پایان نامه/ رساله و تمامی طرح‌های تحقیقاتی دانشگاه باید با هماهنگی استاد راهنما یا مجری طرح از طریق حوزه پژوهشی دانشگاه انجام گیرد.

ماده ۵- این دستورالعمل در ۵ ماده و یک تبصره در تاریخ ۱۳۸۴/۴/۲۵ در شورای پژوهشی دانشگاه به تصویب رسیده و از تاریخ تصویب لازم الاجرا است و هرگونه تخلف از مفاد این دستورالعمل، از طریق مراجع قانونی قابل پیگیری خواهد بود.

انتشگاه تربیت مدرس
دانشکده علوم پایه

بسمه تعالی

آیین‌نامهٔ چاپ پایان‌نامه (رساله) های دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس

نظر به اینکه چاپ و انتشار پایان‌نامه (رساله)های تحصیلی دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس، مبین بخشی از فعالیتهای علمی - پژوهشی دانشگاه است بنابراین به منظور آگاهی و رعایت حقوق دانشگاه، دانش‌آموختگان این دانشگاه نسبت به رعایت موارد ذیل متعهد می‌شوند:

مادهٔ ۲ در صفحهٔ سوم کتاب (پس از برگ شناسنامه)، عبارت ذیل را چاپ کنند

«کتاب حاضر حاصل پایان‌نامهٔ کارشناسی‌ارشد/~~رسالهٔ دکتری~~ نگارنده در رشتهٔ حشمی کرمی است که در سال ۱۳۸۶ در دانشکدهٔ علوم پایه دانشگاه تربیت مدرس به راهنمایی سرکارخانم /جناب آقای دکتر سید محمد آله سوسوی، مشاورهٔ سرکار خانم/جناب آقای دکتر ——— و مشاورهٔ سرکار خانم/جناب آقای دکتر ——— از آن دفاع شده است.»

مادهٔ ۳ به منظور جبران بخشی از هزینه‌های انتشارات دانشگاه، تعداد یک درصد شمارگان کتاب (در هر نوبت چاپ) را به «دفتر نشر آثار علمی» دانشگاه اهدا کند. دانشگاه می‌تواند مازاد نیاز خود را به نفع مرکز نشر در معرض فروش قرار دهد.

مادهٔ ۴- درصورت عدم رعایت مادهٔ ۳، ۵۰٪ بهای شمارگان چاپ‌شده را به عنوان خسارت به دانشگاه تربیت مدرس ، تادیه کند.

مادهٔ ۵- دانشجو تعهد و قبول می‌کند درصورت خودداری از پرداخت بهای خسارت، دانشگاه می‌تواند خسارت مذکور را از طریق مراجع قضایی مطالبه و وصول کند؛ به علاوه به دانشگاه حق می‌دهد به منظور استیفای حقوق خود، از طریق دادگاه، معادل وجه مذکور در مادهٔ ۴ را از محل توقیف کتابهای عرضه‌شدهٔ نگارنده برای فروش، تأمین نماید.

مادهٔ ۶- اینجانب حمیدرضا شاهنگیان دانشجوی رشته حشمی کرمی مقطع کارشناسی ارشد متعهد فوق و ضمانت اجرایی آن را قبول کرده، به آن ملتزم می‌شوم.

نام و نام خانوادگی: حمیدرضا شاهنگیان
تاریخ و امضاء: ۸۶/۵/۱۱

تقدیم به:

پدر، مادر و همسر عزیزم

تقدیر و تشکر

از زحمات جناب آقای دکتر موسوی که در مدت دو سالی که در خدمت ایشان بودم از هیچ کوششی در انجام پایان نامه اینجانب دریغ نکردند و همچنین به خاطر مشاوره ارزشمندشان صمیمانه تشکر و قدردانی می‌کنم. همچنین از آقایان دکتر یمینی، علیزاده مطلق و رحمانی‌فر که زحمت داوری پایان نامه اینجانب را بر عهده گرفتند سپاسگزارم.

از دوستان عزیزم آقایان سید حبیب اله کاظمی، علی مهدی‌نیا، احسان سلامی‌فر، علی کیانی، سرکار خانم قنبری و یوسف الهی به خاطر کمک‌ها و مشاوره‌های ارزشمندشان تشکر می‌کنم.

از کلیه دوستانم در خوابگاه زعفرانیه بخصوص آقای هادی طالشی و سعید محبی تشکر می‌کنم.

چکیده

در سالهای اخیر ابرخازنهای الکتروشیمیایی به‌طور چشم‌گیری مورد استفاده قرار می گیرند، زیرا امکان استفاده از آنها به عنوان منبع انرژی موازی با باتری‌ها و پیل‌های سوختی در اتومبیل‌های برقی و سایر ابزارهای برقی هیبرید که نیاز به توان لحظه ای بالا دارند، فراهم است. ابرخازن‌ها به نسبت خازن‌های کلاسیک ظرفیت بسیار بالاتری (10^5) ارائه می‌کنند که نسبت به باتری‌ها توان ویژه بالاتری دارند. این وسایل ذخیره انرژی الکتریکی به دو دسته کلی تقسیم می‌شوند: ۱) ابرخازن‌های متکی بر دولایه الکتریکی : در این نوع از خازن‌ها ذخیره بارهای الکتریکی بر مبنای تشکیل لایه دوگانه الکتریکی در فصل مشترک الکترود-الکترولیت است و ظرفیت ذخیره بار در آن متناسب با سطح تماس است. انتظار می‌رود که مواد دارای سطح ویژه بزرگ و مقاوم در برابر خوردگی الکترولیت مواد ایده آلی در این خصوص باشند. ۲) ابرخازن‌های متکی بر واکنش¬های فاراده: شبه‌خازنها، ابرخازن‌هایی متکی بر انجام واکنش‌های فارادایی در سطح مشترک الکترود-الکترولیت می‌باشند که به همین دلیل به آنها شبه خازن می‌گویند. به واسطه رفتار اکسیداسیون-احیای بسیار سریع بعضی از جفت ردوکس‌ها رفتاری شبه خازنی به این مواد نسبت داده می‌شود و در واقع نوعی باتری لایه نازک قابل شارژ را تشکیل می‌دهند.

پلیمرهای هادی به علت ظرفیت ذخیره انرژی زیاد، سهولت سنتز، پایداری محیطی بالا و مطالعات زیادی که در زمینه‌های مختلف روی آنها انجام شده، از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند. از میان پلیمرهای هادی پلی آنیلین، پلی پیرول و مشتقات آنها به علت سرعت اکسایش – کاهش سریع و هدایت بالا که در نتیجه ورود و خروج یونهای دوپه کننده دارند به عنوان ماده فعال در ساختار ابرخازن استفاده می‌شوند. برای استفاده از پلیمرهای هادی در ابرخازن‌ها باید به دو نکته بسیار مهم در نظر گرفته شود.

۱- هدایت فیلم پلیمری: برای بالا بردن هدایت فیلم پلیمری می‌توان از محلول‌هایی با غلظت پروتون و یون دوپه کننده بالاتر استفاده کرد که مشکل تخریب سریع‌تر پلی‌آنیلین بوجود می‌آید که در این تحقیق برای غلبه بر این مشکل از پلی آنیلین خوددپه استفاده شده است.

۲- مساحت سطح: در این مورد باید سطح موثر یعنی سطح قابل دسترس‌تری برای انجام واکنشهای فارادایی را افزایش داد که با کاهش اندازه ذرات و افزایش تخلخل سطح این امر امکان‌پذیر می‌شود. در این تحقیق با استفاده از روش نرمال پالس ولتامتری نانوفیبرهای پلی آنیلین، پلی آنیلین خود دوپه و پلی پیرول با مساحت سطح بسیار زیاد تهیه و به عنوان ماده الکتروفعال در ساختار ابرخازن مورد استفاده قرار گرفت.

فهرست مطالب

۱- فصل اول

۱-۱- خازن‌ها..... ۲

۱-۲- ابرخازن‌ها:..... ۴

۱-۲-۱- طبقه‌بندی ابرخازن‌ها:..... ۶

۱-۲-۱-۱- مکانیسم ذخیره بارهای الکتریکی:..... ۶

۱-۲-۱-۱-۱- ابرخازن‌های متکی بر دولایه الکتریکی:..... ۶

۱-۲-۱-۱-۲- شبه‌خازن الکتروشیمیایی یا ابرخازن‌های متکی بر واکنشهای فاراده:..... ۷

۱-۲-۱-۲- طبقه بندی ابرخازنها بر اساس پیکربندی آنها:..... ۷

۱-۲-۱-۳- طبقه بندی ابرخازنها بر اساس نوع ماده الکتروفعال استفاده شده در ساختار آن:..... ۷

۱-۲-۱-۳-۱- ابرخازن‌های بر پایه ترکیبات کربنی:..... ۷

۱-۲-۱-۳-۲- ابرخازن‌های بر پایه اکسیدهای فلزی:..... ۹

۱-۲-۱-۳-۳- ابرخازن‌های بر پایه پلیمرهای‌هادی..... ۱۰

۱-۳- پلیمرهای‌هادی..... ۱۰

۱-۳-۱-۱- پلی آنیلین و روش‌های مختلف تهیه آن..... ۱۱

۱-۳-۱-۱-۱- اکسیداسیون مستقیم با مواد شیمیایی..... ۱۲

۱-۳-۱-۱-۲- پلیمریزاسیون الکتروشیمیایی:..... ۱۳

۱-۳-۱-۱-۳- مکانیسم پلیمریزاسیون پلی آنیلین..... ۱۳

۱-۳-۱-۲- رسانایی الکتریکی..... ۱۴

۱-۳-۱-۳- تخریب الکتروشیمیایی پلی آنیلین..... ۱۶

۱-۳-۱-۴- ساختار پلی آنیلین..... ۱۷

۱-۳-۲- پلی پیرول ۱۹
۱-۳-۲-۱- مکانیسم پلیمریزاسیون پلی پیرول ۲۰
۱-۴- ویژگیهای ابرخازنها ۲۴

۲- فصل دوم

۲-۱- مقدمه: ۳۹
۲-۱-۱- روشهای الکتروشیمیایی در تهیه پلی آنیلین با ساختار نانو ۴۰
۲-۲- بخش تجربی ۴۲
۲-۲-۱- مواد ۴۲
۲-۲-۲- دستگاهها و لوازم ۴۲
۲-۳- روش کار ۴۳
۲-۳-۱- پیش آماده سازی الکترودها ۴۳
۲-۳-۲- تهیه میکروفیبرهای پلی آنیلین ۴۳
۲-۳-۳- تهیه نانوفیبرهای پلی آنیلین ۴۴
۲-۴- نتایج و بحث ۴۵
۲-۴-۱- تصاویر میکروسکوپ الکترونی فیلمهای پلی آنیلین ۴۵
۲-۴-۲- خواص الکتروشیمیایی فیلم‌های پلی‌آنیلین ۴۶
۲-۴-۲-۱- ولتاموگرامهای چرخه ای ۴۶
۲-۴-۲-۲- آزمایشات شارژ-دشارژ و اندازه‌گیری ظرفیت: ۴۷
۲-۴-۲-۳- بررسی رفتار چرخه‌ای ابرخازن ۵۱
۲-۴-۲-۴- امپدانس الکتروشیمیایی ۵۲

۳- فصل سوم

۳-۱- مقدمه ۵۷

۳-۱-۱- پلی‌آنیلین خود دوپه ۵۷

۳-۲- بخش تجربی ۵۹

۳-۲-۱- مواد ۵۹

۳-۲-۲- دستگاهها و لوازم ۵۹

۳-۳- روش کار ۶۰

۳-۳-۱- پیش آماده سازی الکترودها ۶۰

۳-۳-۲- تهیه نانوسیم‌های پلی‌آنیلین خود دپه ۶۰

۳-۴- بحث و نتیجه‌گیری ۶۱

۳-۴-۱- تصاویر میکروسکوپ الکترونی فیلمهای پلی آنیلین ۶۱

۳-۴-۲- ولتاموگرامهای چرخه ای ۶۲

۳-۴-۳- آزمایشات شارژ-دشارژ و اندازه‌گیری ظرفیت ۶۵

۳-۴-۴- بررسی رفتار چرخه‌ای ابرخازن ۶۸

۳-۴-۵- اسپکتروسکوپی امپدانس الکتروشیمیایی ۶۹

۴- فصل چهارم

۴-۱- مقدمه ۷۶

۴-۱-۱ پلی پیرول ۷۶

۴-۱-۲- سنتز پلی پیرول با ساختار نانو ۷۶

۴-۲- بخش تجربی ۷۷

۴-۲-۱- مواد ۷۷
۴-۲-۲- دستگاهها و لوازم ۷۷
۴-۳- روش کار ۷۷
۴-۳-۱- پیش آماده سازی الکترودها ۷۷
۴-۳-۲- سنتز میکروسیم‌های پلی پیرول ۷۸
۴-۳-۳- تهیه نانوسیم‌های پلی‌پیرول ۷۸
۴-۴- نتایج و بحث ۷۹
۴-۴-۱- تصاویر میکروسکوپ الکترونی فیلمهای پلی پیرول ۷۹
۴-۴-۲- خواص الکتروشیمیایی پلی پیرول ۸۰
۴-۴-۲-۱- ولتاموگرامهای چرخه ای ۸۰
۴-۴-۲-۲- آزمایشات شارژ-دشارژ و اندازه‌گیری ظرفیت ۸۱
۴-۴-۲-۳- بررسی رفتار چرخه‌ای ابرخازن ۸۴

فهرست اشکال:

شکل ۱-۱- نمایش باردار شدن صفحات هادی جریان در یک محلول الکترولیت. ۳

شکل ۱- ۲- طرزقرار گرفتن ابرخازن‌ها در سیستم اتومبیل‌ها و سایر ابزار برقی هیبرید. ۵

شکل ۱- ۳- نمودار طبقه بندی ابرخازن‌ها. ۶

شکل ۱- ۴- ابرخازن‌های برپایه مواد کربنی. ۸

شکل ۱- ۵- مدل مدار معادل برای خازنی که از دو صفحه فلزی تشکیل شده است. ۸

شکل ۱- ۶- مکانیسم افزایشی تشکیل الکتروشیمیایی پلی آنیلین. ۱۴

شکل ۱- ۷- مسیر واکنش تخریب الکتروشیمیایی پلی آنیلین. ۱۶

شکل ۱ -۸- ساختار لوکوامرآلدین، n تعداد تکرار واحد چهارتایی در طول زنجیر پلیمری. ۱۷

شکل ۱- ۹- ساختار امرآلدین، n تعداد تکرار واحد چهارتایی در طول زنجیر پلیمری است. ۱۸

شکل ۱- ۱۰- ساختار پروتوامرآلدین. ۱۸

شکل ۱- ۱۱- ساختار پرنیگرآنیلین، (الف) پرنیگرآنیلین بازی، (ب) پرنیگرآنیلین پروتونه ۱۹

شکل ۱- ۱۲- مکانیسم افزایشی تشکیل الکتروشیمیایی PPy ۲۴

شکل ۱- ۱۳- مدلی از یک سیستم دو الکترودی. ۲۵

شکل ۱- ۱۴- مدل مدار معادل برای سیستم دو الکترودی. ۲۷

شکل ۲-۱- نمایش نموداری از روش NPV جهت سنتز پلی‌آنیلین ۴۵

شکل ۲-۲- تصاویر SEM مربوط به فیلمهای PANi ۴۶

شکل ۲-۳- نمایش ولتاموگرامهای چرخه ای فیلمهای PANi ۴۷

شکل ۲-۴- منحنی‌های شارژ-دشارژ پلی‌آنیلین تهیه شده با روش‌های NPV و CV ۴۹

شکل ۲- ۵ -منحنی تغییرات ظرفیت ابرخازن با چگالی جریان برای فیلم‌های پلی‌آنیلین ۵۰

شکل ۲-٦- منحنی تغییرات مقادیر انرژی ویژه بر حسب توان ویژه (منحنی‌های رایگون) ۵۱

شکل ۲-۷- رفتار چرخه‌ای (بازده کولمبی و ظرفیت) فیلم پلی‌آنیلین تهیه شده با روش NPV.۵۲

شکل ۲-۸- نمودارهای نایکویست فیلم‌های PANi ۵۳

شکل ۳ - ۱: ساختار پلی آنیلین خود دپه با گروههای عاملی بنزوئیک اسیدی..... ۵۹

کل ۳ - ۲: تصاویر SEM فیلمهای PANi تهیه شده با روشهای: (الف) NPV (ب) CV. ۶۲

شکل ۳ - ۳: ولتاموگرامهای چرخه ای فیلمهای پلی‌آنیلین خود دپه و پلی آنیلین ۶۳

شکل ۳ - ۴: ولتاموگرام‌های چرخه‌ای برای فیلمهای پلی‌آنیلین خود دپه و پلی آنیلین ۶۴

شکل ۳ - ۵: منحنی‌های شارژ-دشارژ پلی‌آنیلین خود دوپه و پلی‌آنیلین.....۶۶

شکل ۳ - ۶: منحنی تغییرات ظرفیت ابرخازن با چگالی جریان.....۶۷

شکل ۳ - ۷: منحنی تغییرات مقادیر انرژی ویژه بر حسب توان ویژه (منحنی‌های رایگون) ۶۸

شکل ۳ - ۸: منحنی تغییرات مقادیر ظرفیت و کارایی کولمبی با افزایش تعداد چرخه‌ها.....۶۹

شکل ۳ - ۹: منحنی‌های نایکوست..... ۷۱

شکل ۴- ۱: تصاویر SEM فیلمهای PPy تهیه شده با روشهای: NPV (a)، CV (b)..... ۸۰

شکل ۴- ۲: ولتاموگرامهای چرخه ای فیلمهای پلی پیرول ۸۱

شکل ۴- ۳: منحنی‌های شارژ-دشارژ پلی‌پیرول تهیه شده با روش‌های NPV و CV..... ۸۲

شکل ۴- ۴: تغییرات ظرفیت ابرخازن با چگالی جریان..... ۸۳

شکل ۴- ۵: منحنی تغییرات مقادیر انرژی ویژه بر حسب توان ویژه (منحنی‌های رایگون)..... ۸۴

شکل ۴- ۶: منحنی تغییرات مقادیر ظرفیت و کارایی کولمبی..... ۸۵

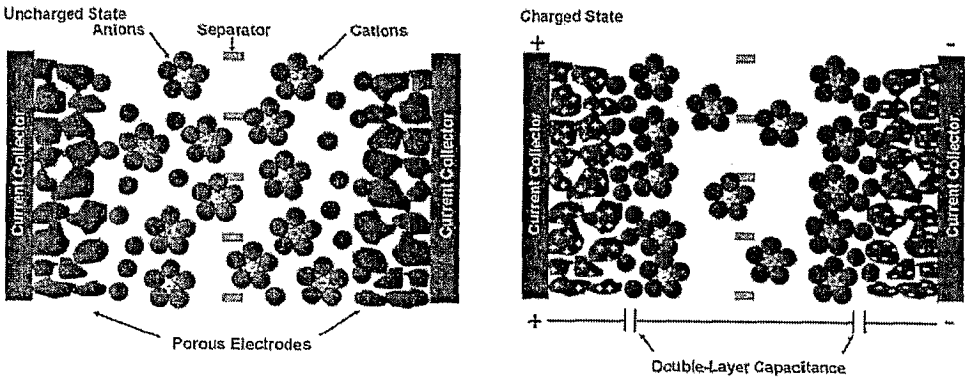
فصل اول
مقدمه

۱-۱- خازن‌ها[1]

خازن‌ها مانند باتری‌های قابل شارژ وسایلی هستند که بار الکتریکی را در خود ذخیره کرده و در موقع نیاز آن را پس می‌دهند. ساختار عمومی خازن‌های متعارف[2] متشکل از دو صفحه هادی جریان الکتریکی است که به وسیله یک دی‌الکتریک آغشته به الکترولیت از یکدیگر جدا می‌شوند [۱].

همانطور که در شکل (۱-۱) نشان داده شده است وقتی دو صفحه هادی جریان را درون محلول الکترولیت فرو می‌بریم، هنگامی که به صفحات هیچ پتانسیلی اعمال نشود یونها بطور تصادفی در نزدیکی صفحات و درون محلول توزیع می شوند. به محض اعمال اختلاف پتانسیل DC، بارها شروع به آرایش منظم در اطراف صفحات هادی و در فصل مشترک آن با محلول الکترولیت می کنند. به این ترتیب یونهای با بار مخالف با بار صفحات، بطور منظمی آرایش می‌یابند و طی این مکانیسم بارهای الکتریکی با تشکیل خازن لایه دوگانه الکتریکی ذخیره شده و در هنگام نیاز به سرعت پس داده می شوند.

[1] Capacitors
[2] Classic capacitors



شکل ۱ -۱: نمایش باردار شدن صفحات هادی جریان در یک محلول الکترولیت.

واحد ظرفیت[1] خازن در دستگاه SI، فاراد می‌باشد که به افتخار مایکل فاراده[2] انتخاب شده است. طبق رابطه (۱-۱) یک فاراد معادل یک کولن بار الکتریکی ذخیره شده در خازن به‌ازای هر ولت اختلاف پتانسیل است.

$$C=\frac{Q}{V} \qquad (۱-۱)$$

موارد کاربرد خازنهای متعارف[3] به علت ظرفیت بسیار پایین آنها که در حد میکروفاراد است، محدود به مدارات ظریف الکترونیکی و کاهش نوسانات موجود در ترانسفورماتورهای تبدیل جریان AC به DC می‌باشد. ظرفیت خازن‌های ساخته شده از صفحات فلزی و دی‌الکتریک از رابطه (۱-۲) بدست می‌آید.

$$C = \frac{\varepsilon A}{d} \qquad (۱-۲)$$

که در این رابطه A سطح صفحات هادی (m^2)، d فاصله صفحات از یکدیگر (m) و ε پارامتر مربوط به دی الکتریک (F/m) می‌باشد. برای رفع نقص کم بودن ظرفیت خازن‌های کلاسیک باتوجه به رابطه (۱-۲) سه پارامتر را می‌توان بهینه کرد [۲]:

[1] Capacitance
[2] Michael faraday
[3] Classic capacitors

۱) نوع دی‌الکتریک: تعداد دی‌الکتریک‌هایی که دارای ε بزرگ باشد و بتواند ظرفیت بالایی را ارائه کند بسیار محدود است.

۲) کاهش فاصله بین صفحات: چون در خازن‌ها الکترولیت و دی الکتریک وجود دارد، لذا نیاز به فضایی می‌باشد که از آنها پر شود پس در کاهش فضای بین صفحات محدودیت وجود دارد.

۳) افزایش مساحت سطح صفحات هادی: با افزایش سطح صفحات هادی اندازه خازن بزرگ شده که کاربرد عملی آن را محدود می‌کند. مثلا برای افزایش ۱۰ برابری ظرفیت خازن مساحت سطح لازم ۱۰ برابر افزایش می‌یابد.

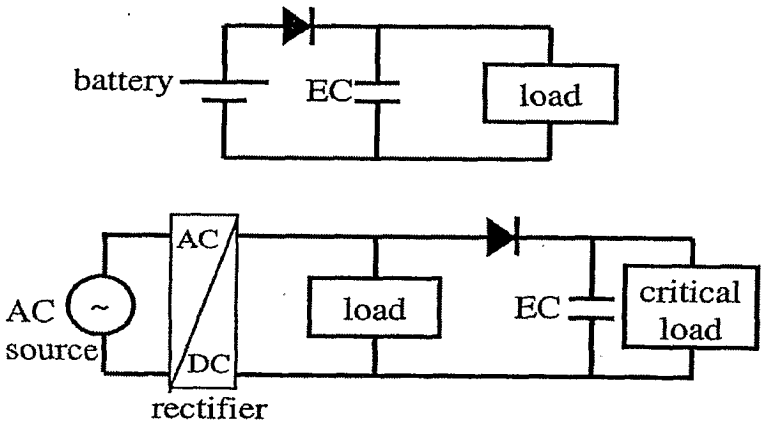
۱-۲- ابرخازن‌ها[1]:

بهترین گزینه برای افزایش ظرفیت خازن افزایش مساحت سطح صفحات هادی بکار برده شده در ساختار خازن است، مثلا استفاده از مواد با تخلخل بالا و هادی جریان الکتریسیته که می‌تواند مساحت سطح را هزاران برابر کند. ترکیبات کربنی متخلخل اولین گزینه ای بود که از آنها برای افزایش ظرفیت استفاده شد و نام ابرخازن را به دلیل قابلیت ذخیره بار به میزان زیاد و پس دادن آن در مدت زمان کوتاه بر روی این نوع از خازن‌ها گذاشته شد.

در سالهای اخیر ابرخازنهای الکتروشیمیایی به‌طور چشم‌گیری مورد استفاده قرار می گیرند، زیرا امکان استفاده از آنها به عنوان منبع انرژی موازی (شکل (۱-۲)) با باتری‌ها و پیل‌های سوختی در اتومبیل‌های برقی و سایر ابزارهای برقی هیبرید که نیاز به توان لحظه ای بالا دارند، فراهم است. ابرخازن‌های الکتروشیمیایی از نقطه نظر انرژی و توان ویژه (مقادیر بر واحد جرم ماده فعال بکار برده شده در ابرخازن) بین باتری‌ها و پیل‌های سوختی از یک سو و خازن‌های متعارف از سوی دیگر قرار می‌گیرند. از دیگر موارد استفاده از ابرخازنها به عنوان منبع انرژی با حجم و وزن کم می-

[1] Supercapacitors

توان به عنوان واحد پشتیبانی حافظه و سیستم‌های دارای باتری خورشیدی اشاره کرد. در سالهای اخیر تاکید بر کاربرد ابرخازن در سیستم‌های هیبریدی، که از اتصال موازی باتری و ابرخازن تشکیل شده‌اند، بواسطه توانایی ایجاد انرژی و توان بالا می‌باشد. ابرخازنهای الکتروشیمیایی دارای عمر چرخه‌ای بسیار بالاتری نسبت به باتری‌ها می‌باشند و باور بر این است که تجمع ابرخازن با باتری یا پیل سوختی راه حلی مناسب برای تامین انرژی در اتومبیل‌های برقی در سیستم‌های حمل و نقل شهری می‌باشد.



شکل ۱ -۲: طرزقرار گرفتن ابرخازن‌ها در سیستم اتومبیل‌ها و سایر ابزار برقی هیبرید.

اولین ثبت انحصاری اختراع در باره ابرخازنها در سال ۱۹۵۷ توسط بیکر[1] ارائه شد که ظرفیتی حدود 10^3 برابر خازن‌های معمولی را ارائه می‌داد. در واقع این تاریخ، اولین تاریخ ساخت ابرخازن می‌باشد. اولین مدل تجاری این محصول ارزشمند در سال ۱۹۶۹ یعنی حدود ۱۲ سال بعد از طراحی اولین مدل توسط شرکت سهیو[2] به بازار ارائه شد [۳].

[1] Becker
[2] Sohio