



"In The Name Of God"

2019

Electrical Energy Storages



Energy storage is changing the rules of the game.



Mahdi Ahmadzadeh

Adib Rahimi



Shahed University

1/30/2019



فهرست مطالب

0	1.1 خلاصه جامع	0
	1.1.1 مقدمه	
0	1.1.2 هدف	0
	1.1.3 سه نقش اساسی	
1	1.1.4 دامنه ی کاربرد	1
3	1.2 ذخیره ساز هوای فشرده	3
	1.2.1 مقدمه	
3	1.2.2 کاربرد	3
7	1.2.3 وضعیت ایران	7
7	1.3 باتری ها	7
	1.3.1 عملکرد	
9	1.3.2 کشف گالوانی	9
9	1.3.3 پیل ولتاژ	9



11 4. 3. 1 اساس کار باتری ها

12 5. 3. 1 مزایا و معایب

13 4. 1 چرخ طیار

15 5. 1 ابرخازن ها

16 1. 5. 1 تعریف و ویژگی ها

16 2. 5. 1 کاربرد

19 3. 5. 1 دسته بندی

20 4. 5. 1 مقایسه

21 5. 5. 1 مزایا و معایب

22 6. 1 ابررسانا

22 1. 6. 1 ویژگی

24 2. 6. 1

24 تاریخچه

25 7. 1 منابع

1.1 خلاصه جامع

1.1.1 مقدمه

ذخیره سازهای انرژی الکتریکی، EES، یکی از فن آوری های کلیدی در حوزه های تحت پوشش کمیسیون بین المللی الکتروتکنیک می باشد. تکنیکهای EES توانایی های منحصر به فردی در مقابله با برخی از ویژگی های بحرانی برق، به عنوان مثال تغییرات ساعتی در تقاضا و قیمت را نشان داده اند. در آینده ای نزدیک، استفاده از EES در بازارهای جدید مربوط به IEC در استفاده از انرژی های تجدید پذیر، جهت کاهش CO₂، در شبکه های هوشمند ضروری خواهد بود.

1.1.2 هدف

در حقیقت این نیاز به ذخیره سازهای انرژی الکتریکی خود نشئت گرفته از یک نیاز قبلی می باشد اینکه ما باید بیشتر از منابع انرژی تجدید پذیر مانند انرژی های خورشیدی و بادی استفاده کنیم تا اتکای ما به سوخت های فسیلی غیر قابل تجدید مانند نفت و گاز کاهش یابد، اما استفاده از انرژی های خورشیدی و باد برای همه ی نیاز های ما کار آسانی نیست و در ضمن انرژی های خورشید و باد همیشه در دسترس ما نیست، پس با ذخیره انرژی تولید



شده از انرژی خورشید و باد در باتری های قابل اعتماد و مطمئن ما می توانیم یک منبع تغذیه ی 24 ساعته با هزینه های کم داشته باشیم.

3. 1. 1 سه نقش اساسی سیستم های ذخیره ساز های انرژی

اولاً: EES هزینه های الکتریکی را کاهش می دهد با ذخیره سازی برق تولید شده در زمان های کم باری، زمانی که قیمت مصرف برق نیز پایین تر است، برای استفاده در زمان های پیک (اوج باری) که قیمت مصرف برق نیز بالاتر می باشد.

ثانیاً: به منظور ارتقاء قابلیت اطمینان منبع تغذیه، پیشتیانی از کاربران با استفاده از سیستم های EES هنگام وقوع حوادث برقی که به علت بلاهای طبیعی رخ می دهند.

ثالثاً: نقش سوم آنها حفظ و بهبود کیفیت توان، فرکانس و ولتاژ است.

4. 1. 1 دامنه ی کاربرد (scope)

با توجه به نیازهای بازار در حال ظهور، در زمینه های فناوری **on-grid** یا متصل به شبکه، EES انتظار می رود که مشکلات را حل کند. از قبیل نوسانات برقی بیش از حد و ذخیره انرژی نامناسب که در صورت استفاده زیادی از انرژی های تجدید پذیر همراه خواهد بود. در حوزه های فناوری **off-grid** یا منفصل از شبکه، وسایل نقلیه الکتریکی با باتری، امیدوار کننده ترین تکنولوژی جایگزین



سوخت های فسیلی به وسیله برق بدست آمده (عمدتاً از منابع تجدیدپذیر) می باشد. شبکه هوشمند هیچ تعریف پذیرفته شده ی جهانی را قبول نمی کند، اما به طور کلی اشاره به مدرنیزه کردن شبکه برق دارد. که شامل همه چیز های مربوط به سیستم الکتریکی بین هر نقطه تولید برق و هر نقطه مصرف می باشد. از طریق افزودن به فن آوری های هوشمند شبکه، شبکه انعطاف پذیر و تعاملی تر می شود که در نتیجه آن می تواند بازخورد در زمان واقعی را فراهم کند. به عنوان مثال، در یک شبکه هوشمند، اطلاعات مربوط به قیمت برق و وضعیت سیستم برق می تواند بین تولید و مصرف برق برای تامین نیروی کارآمد و قابل اطمینان مبادله شود. **EES یکی از عناصر کلیدی در توسعه شبکه هوشمند است.**

در اکتبر 2010 MSEC MSB (Board Market Strategy) تصمیم گرفت تا تیم پروژه ای را برای برنامه ریزی فعالیت های آینده ی IEC در EES ایجاد کند. این مقاله ی سفید شامل خلاصه ای از نیازهای بازار موجود و آینده برای فن آوری های EES و بررسی از ویژگی های تکنولوژیکی آنها می باشد و در نهایت توصیه هایی را برای تمام سهامداران EES ارائه می دهد.

.....

سپاس گزاری (Acknowledgments)

این مقاله توسط تیم پروژه ای ذخیره ساز های انرژی الکتریکی،
و سهم عمده ای از کمک های استاد گرامی، دکتر نظری

.....

1.2 ذخیره ساز هوای فشرده (CAES)

1.2.1 مقدمه

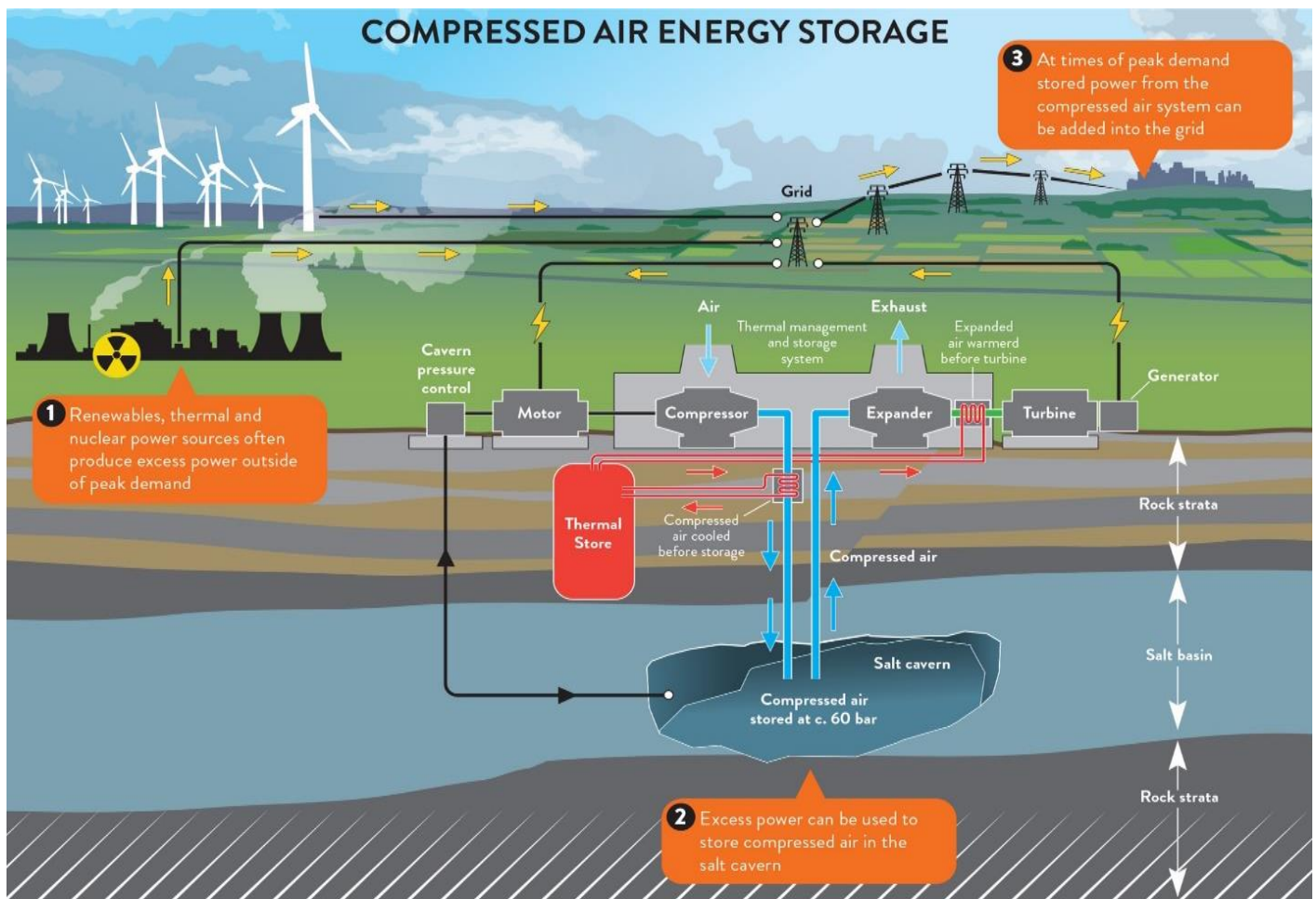
یکی از کاربردهای قدیمی ذخیره‌سازی هوای فشرده، استفاده از انرژی آن برای تولید برق بوده است. در سال 1978، اولین سیستم ذخیره سازی هوای فشرده بزرگ مقیاس جهان، به منظور تولید برق در ساعات پیک، در Huntorf آلمان احداث شد که هنوز هم در حال کار است. در این سیستم که ذخیره سازی انرژی هوای فشرده در مقیاس بزرگ نامیده می‌شود، کپرسورهای الکتریکی بزرگ در ساعات کم باری به کار افتاده و هوا را فشرده می‌کنند. هوای فشرده در غارهای زیر زمینی، گنبد‌های نمکی، معادن متروکه، حفره‌های آهکی و یا حفره‌های موجود در صخره ها ذخیره می‌شود. سپس با استفاده از توربینهای گازی، هوای فشرده برای تولید برق در ساعات پیک مورد استفاده قرار می‌گیرد.

1.2.2 عملکرد

در این نوع از سیستم های ذخیره ساز مکانیکی از توان الکتریکی در دوره غیر بیک برای فشرده سازی هوا و ذخیره آن در مخزن های بزرگی مانند حفره های

نمکی مخازن فولادی و... استفاده می شود. این ذخیره ساز و کار ذخیره سازی انرژی بسیار به شرایط زمین شناختی ایستگاه مورد نظر وابسته است. از ذخیره ساز های انرژی هوای فشرده با عایق گرمایی نیز در جایی که حرارت ناشی از فشرده سازی هوا برای کمک به فرایند ذخیره سازی انرژی و بهبود کارایی سیستم ذخیره ساز بازیابی می گردد استفاده می شود.

شکل زیر این سیستم را که مجهز به بازیابی گرمایی است را نشان می دهد:



شکل 1:

در حال حاضر، يك نیروگاه بزرگ تولید برق از انرژی هوای فشرده در کشور آلمان و سه نیروگاه دیگر در کشور آمریکا در حال بهره برداری هستند و چندین نیروگاه بزرگ دیگر نیز در حال احداث هستند.



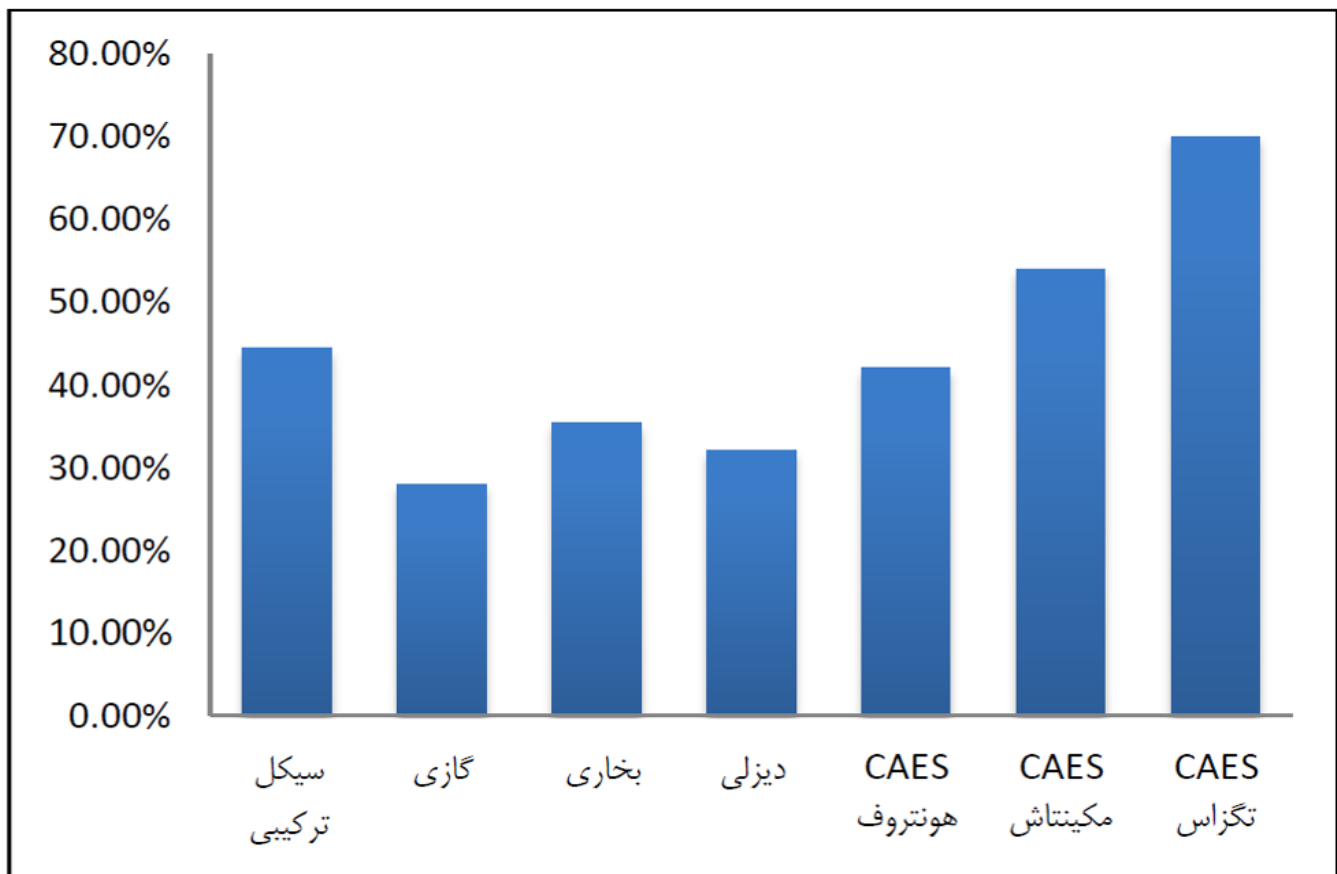
شکل 2: نیروگاه مکینتاش آرپکا که قابلیت ذخیره سازی هوای فشرده را دارد

یکی از مهم ترین معایب استفاده از انرژی هوای فشرده برای تولید برق، ذخیره سازی انرژی به صورت مکانیکی و سپس تبدیل مجدد آن به انرژی الکتریکی است؛ زیرا افزایش تعداد چرخه های تبدیل انرژی، منجر به کاهش بازده کل



سیستم ذخیره‌سازی می‌شود. بعلاوه دو مشکل غیرفنی و مهم دیگر، احداث و توسعه سیستمهای ذخیره‌سازی هوای فشرده در مقیاس بزرگ را با محدودیتهایی زیادی مواجه نموده‌اند. این دو مشکل عبارتند از:

- (1) نیاز به عوارض و ویژگیهای جغرافیایی خاص برای ذخیره سازی هوادر مقیاسهای بزرگ
- (2) نیاز به سرمایه‌گذاری سنگین



شکل 3: مقایسه راندمان نیروگاه های مختلف با نیروگاه مجهز به ذخیره سازی هوای فشرده



وضعیت ایران در نیروگاه های ذخیره سازی هوای فشرده:

1.2.3

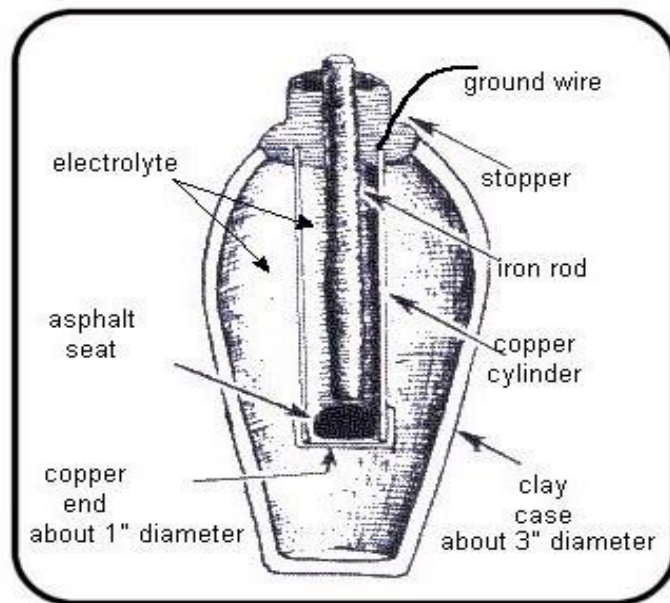
ساخت نیروگاه های ذخیره ساز انرژی هوای فشرده در منطقه جنوب ایران مورد بررسی قرار گرفته است و مکان های مناسب، با در نظر گرفتن استفاده از چاه های خالی گاز، به عنوان منبع ذخیره هوای فشرده تعیین گردیده است. و در صورت استفاده از چاه های اتمام یافته گاز، ویژگی های طرح دقیقاً مانند طرح های مشابه در سایر نقاط جهان خواهد بود.

3.1 باتری ها (Batteries)

1.3.1 عملکرد



تاریخچه باتری از حدود ۲۳۰۰ سال پیش آغاز می‌گردد که پیل الکتریکی در ایران باستان در فاصله سال‌های ۲۵۰ پیش از میلاد تا ۲۲۴ پس از میلاد در تیسفون ساخته شد. این باتری کشف شده به باتری بغداد نیز مشهور است. در سال ۱۹۳۶ کارگرانی که در حال خاکبرداری برای احداث راه آهن در نزدیکی شهر باستانی تیسفون جنوب شرقی بغداد و پایتخت ایران در دوران اشکانیان بودند، به طور تصادفی یک مقبره اشکانی را می‌یابند. اشیای مختلفی از این مقبره کشف می‌شود، از جمله کوزه‌ای عجیب که با مخلوطی شبیه قیر یا آسفالت پر شده بود. بخشی از این اشیاء از جمله کوزه مذکور به موزه بغداد تحویل داده شد



شکل 4: ساختمان کوزه کشف شده



باتری کشف شده به شکل یک کوزه سفالی تخم‌مرغی شکل به بلندی ۱۴، قطر ۸ و دهانه ۳/۳ سانتی متر است که یک میله آهنی به طول ۷/۵ سانتیمتر در میان آن قرار دارد و نقش قطب منفی باتری (کاتد) را عهده‌دار است. پیرامون این میله آهنی یک استوانه مسی به طول ۹/۸ و قطر ۲/۶ سانتیمتر قرار گرفته که به کمک قیر در جای خود محکم شده و یک دیسک مسی هم در ته لوله‌ی مسی قرار دارد. در دهانه از قیر برای آب‌بندی باتری استفاده شده است. میله‌های سیمی شکل برنزی یا آهنی که در نزدیکی محل مورد بررسی یافت شده‌اند، شاید نقش اتصالات باتری را داشته‌اند. درباره الکترولیت به نظر می‌رسد از محلول مس، سرکه و آبلیمو استفاده می‌شده‌است. با در نظر گرفتن این واقعیت که اسیداستیک و اسیدسیتریک به خوبی برای آنها شناخته شده بوده، می‌توان پنداشت که شاید از این مواد نیز استفاده می‌نموده‌اند.

2. 3. 1 کشف گالوانی

قطعه عطف بعدی در تاریخچه باتری در سال ۱۷۸۶ اتفاق افتاد که گالوانی دانشمند ایتالیایی منبع ذخیره‌سازی الکتریسیته را به جهانیان معرفی نمود. گالوانی متوجه شد که وقتی پای قورباغه‌ای را با دو فلز مختلف لمس کند، ماهیچه‌ی پا تحریک شده و جمع می‌شود. قبلاً کشف شده بود که الکتریسیته می‌تواند ماهیچه را تحریک کند و باعث جمع شدن آن‌ها شود.

3. 3. 1 پیل ولتاژ



در سال ۱۷۸۹ ولتا دانشمند ایتالیایی نقطه عطف بسیار مهم بعدی را در تاریخچه باتری رقم زد. او در این سال بر اساس تحقیقات گالوانی، باتری قابل حمل را به دنیا معرفی نمود. وقتی ولتا از کشف گالوانی با خبر شد، آزمایش‌های زیادی با الکتروسکوپ‌های حساس انجام داد تا صحت گفته‌های وی را بررسی کند و پس از مدتی دریافت که منشأ الکتریسیته در پای قورباغه نیست، بلکه از تماس دست با دو فلز حاصل می‌شود. ولتا آزمایش‌های فراوانی با مواد مختلف انجام داد و متوجه شد که دو فلز در شرایطی خاص می‌توانند اختلاف پتانسیل به وجود آورند.

او نتیجه‌ی کار خود را به این صورت بیان نمود:

«برخی مواد شیمیایی باعث می‌شوند که دو فلز مختلف بتوانند اختلاف پتانسیل الکتریکی به وجود آورند.»

او از این کشف استفاده نموده و در سال ۱۸۰۰ نخستین باتری را ساخت. وی ابتدا یک کاغذ را در آب نمک خیس کرد. سپس آن را بین دو تکه فلز روی و نقره قرار داد. پس از آن تعداد زیادی از این قطعات ساخت و آن‌ها را پشت سرهم قرار داد و به این ترتیب ولتا توانست یک باتری قوی درست کند.



شکل 5: نمونه نخستین باتری ساخته شده توسط ولتا

4. 3. 1 اساس کار باتری ها

باتری ها به طور کلی از سه بخش تشکیل میشوند:

۱. آند (یا همان قطب منفی)



2. کاتد (یا همان قطب مثبت)

3. الکترولیت (که بین آند و کاتد قرار میگیرد)

در هر باتری و در قسمت الکترولیت واکنشی شیمیایی انجام می‌شود که باعث افزایش چگالی بار الکترون ها در آند می‌شود. این افزایش چگالی باعث ایجاد اختلاف پتانسیل در دو سمت مدار می‌شود و این اختلاف باعث میشود تا الکترون ها از قسمت چگالتر به قسمت رقیق تر بروند.

در واقع الکترون ها سعی میکنند از قطب منفی(آند) به قطب مثبت(کاتد) شارش پیدا کنند.

اما الکترولیت در بین کاتد و آند مانع این رفتار است و از ایجاد جریان به سمت کاتد در داخل باتری جلوگیری میکند. در نتیجه هرگاه یک سیم به باتری وصل شود، الکترون ها قادر خواهند بود تا از آند به کاتد بروند و اختلاف پتانسیل ایجاد شده را خنثی کنند.

توجه داشته باشید که واکنش شیمیایی داخل باتری به طور تدریجی انجام می‌شود و تا زمانی که واکنش دهنده ها در واکنش به اتمام نرسند و به تمامی تبدیل به فراورده نشوند، تولید الکترون ادامه میابد و اختلاف چگالی بار در دو سمت مدار حفظ می‌شود. البته با گذشت زمان، مقاومت درونی باتری (الکترولیت) بیشتر می‌شود و در اکثر مواقع، دلیل تمام شدن باتری همین است.



5.3.1 مزایا و معایب باتری ها

از مزایای باتری ها می توان به موارد زیر اشاره کرد:

- بازده بالا، تلفات کم
- سرعت پاسخ بالا
- چگالی ذخیره سازی بالا

از معایب باتری ها نیز می توان موارد زیر را نام برد:

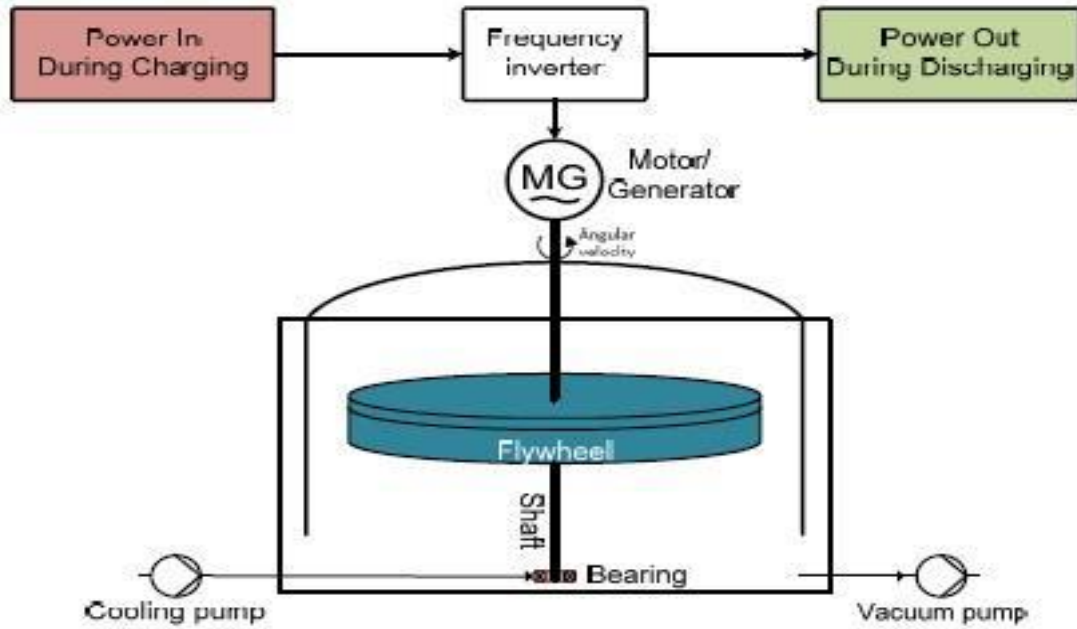
- عمر کوتاه نسبت به سایر ذخیره ساز ها
- وابسته بودن به شرایط محیطی
- آلودگی های زیست محیطی



1.4 فلاپویل یا چرخ گردان

سیستم ذخیره چرخ طیار از یک سیلندر بزرگ چرخان با لبه متصل به شفت تشکیل شده است. این سیلندر در سرعت بالا می چرخد زمانی که مجموعه ادوات الکتریکیه عنوان موتور عمل کرده و سیلندر را می چرخانند، انرژی ذخیره می کنند. به هنگام نیاز، سیستم به صورت ژنراتور عمل می کند تا با استفاده از انرژی ذخیره شده درسیلندر، توان الکتریکی مورد نیاز را تأمین نماید. در حال حاضر، تحقیقات بر روی افزایش گشتاور، چگالی توان و انرژی با طراحی جدید متمرکز شده است.

کاهش تلفات ناشی از جریان گردشی و یا اصلاح سیستم خنک کننده که گرما را در داخل محفظه خلأ از چرخ جدا می کند، از دیگر اقدامات در حال انجام در این زمینه می باشند.



شکل 6: نحوه عملکرد سیستم چرخ طیار



این سیستم، در ساعات غیر پی انرژی را از شبکه گرفته و با استفاده از موتور خود، چرخ طیار را به گردش در می آورد و در ساعات پی، شبکه این انرژی جنبشی را استفاده می نماید. از آنجا که انرژی ذخیره شده در داخل چرخ طیار با مربع سرعت دورانی آن رابطه مستقیم دارد، برای افزایش انرژی ذخیره شده در چرخ طیار باید سرعت دورانی آن را افزایش داد. انرژی ذخیره شده ی، از مدتی به بورت ابطکاک تل می شود و روتور از حرکت باز می ایستد و عملاً استفاده از FES را مقدور نمی کند. منشاء این مشکل، به وجود آمدن تنش در چرخ بر اثر نیروها و اینرسی های دورانی می باشد. برای رفع آن روتورهای جدید ساخته شده از رشته های کربن کامپوزیت با سرعت گردش حدود 10 هزار تا 21 هزار دور در دقیقه جایگزین روتورهای معمول فلزی با سرعتی دود 4 هزار دور در دقیقه شدند و با توجه به اینکه چرخ های کامپوزیتی دارای وزن کمتری هستند در یک سرعت دورانی خاص تنش های کمتری در آنها ایجاد شد. علاوه براین، مواد کامپوزیتی جدید مقاو تر از مواد قدیمی هستند. در مجموع چرخ طیارهای جدید در مقایسه با نوع قدیمی آن وزن کمتر، مقاومت بالاتر و قابلیت دوران در سرعت های بسیار بالا تر را دارند.



شکل 7: محوطه ای شامل مجموعه ای از ذخیره سازهای انرژی



یکی از کاربردهای فناوری چرخ طیار (فلائیویل)، استفاده از سیستم ذخیره ساز انرژی چرخ طیار جهت ایجاد اینرسی مجازی در شبکه های مستقل با اینرسی کم است. استفاده از شبکه های مستقل با تولید انرژی از منابع تجدید پذیر انرژی، یکی از گزینه ها برای تامین انرژی الکتریکی در برخی مناطق دورافتاده و با فاصله زیاد از شبکه سراسری برق است. با توجه به عیب کنترل و نوسان توان در منابع تجدیدپذیر، توان تولیدی از این منابع نیز دارای نوسان خواهند بود. بنابراین بایستی توان تولیدی ژنراتورهای منابع تجدیدپذیر توسط مبدل های الکترونیکی قدرت به شبکه وارد شوند. از آن جایی که ژنراتورهای تولید توان از منابع تجدیدپذیر دارای اینرسی کمی هستند به گونه ای که برخی منابع تجدیدپذیر (مانند سلول های خورشیدی) ذاتاً بدون اینرسی اند. لکن این نوع شبکه ها، شبکه با اینرسی کم نیز نامیده می شود. شبکه با اینرسی کم در برابر تغییرات ناگهانی توان آسیب پذیر بوده و امکان ناپایداری آنها در اثر اختلال های فرکانسی معمولی نیز وجود دارد. برای ایجاد پایداری شبکه و کنترل فرکانس، در صورت بروز اغتشاش در شبکه های مستقل، معمولاً یا بارزدایی صورت می گیرد یا بخشی از ظرفیت تولید از مدار خارج می شود در حالی که با تزریق به موقع توان لحظه ای در شبکه توسط ذخیره ساز چرخ طیار می توان پایداری شبکه را بدون وقفه در تامین بار حل نمود که این روش ایجاد اینرسی مجازی در شبکه با اینرسی کم نامیده میشود.

5.1 ابر خازن ها (supercapacitors)

1.5.1 تعریف و ویژگی ها (definition)

ابرخازن یک نوع خازن الکتروشیمیایی است که در مقایسه با خازن های معمولی ظرفیت ذخیره سازی به مراتب بالایی دارد. این نوع خازن، انرژی را در میدان الکتریکی مابین دو دی الکتریک ذخیره می سازد. ابر خازن می تواند حجم هزاران برابر بزرگتر از یک خازن الکتریکی داشته باشد. از ابر خازن های بزرگتر که دارای ظرفیتی بالاتر از 5000 فاراد هستند به عنوان باطری استفاده می کنند و در مقایسه با خازن های معمولی دارای چگالی انرژی بیشتری هستند. بزرگترین ابر خازن، چگالی انرژی برابر 30 وات ساعت بر کیلوگرم دارد که این مقدار کمتر از چگالی باطری های لیتیم تیتاناتی (سریع شارژشونده) است. این خازن ها دارای تراوایی بالا و الکتروود های بسیار نزدیک به هم می باشند. از گونه های رایج ابر خازن ها می توان به خازن های الکتریکی دولایه اشاره کرد که چگالی توان بسار بالا و راندمانی بیش از 95 درصد داشته و نیز بسیار گران می باشند.

1.5.2 کاربرد ها

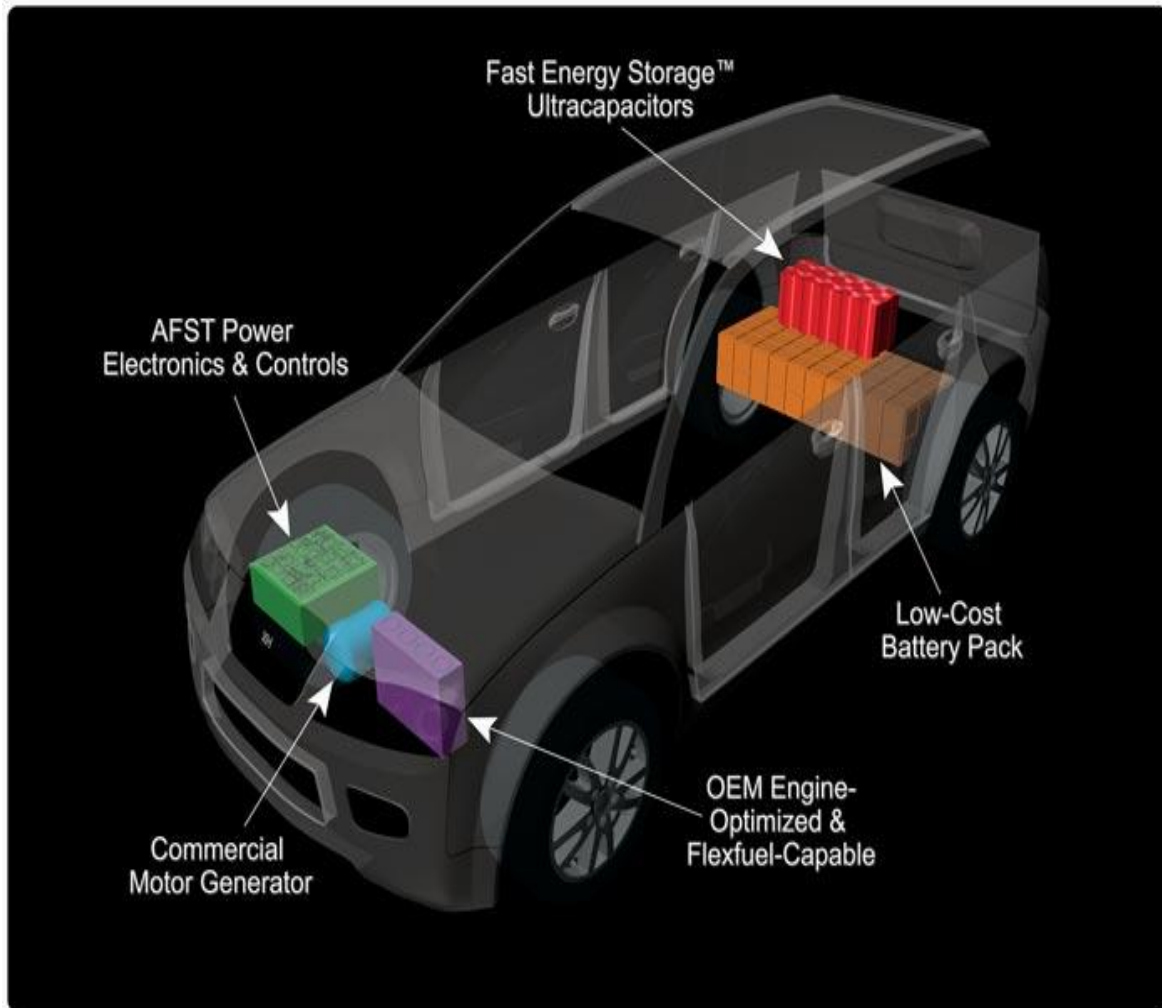


برخی از کاربردهای انواع طیف ابرخازن ها عبارتند از:

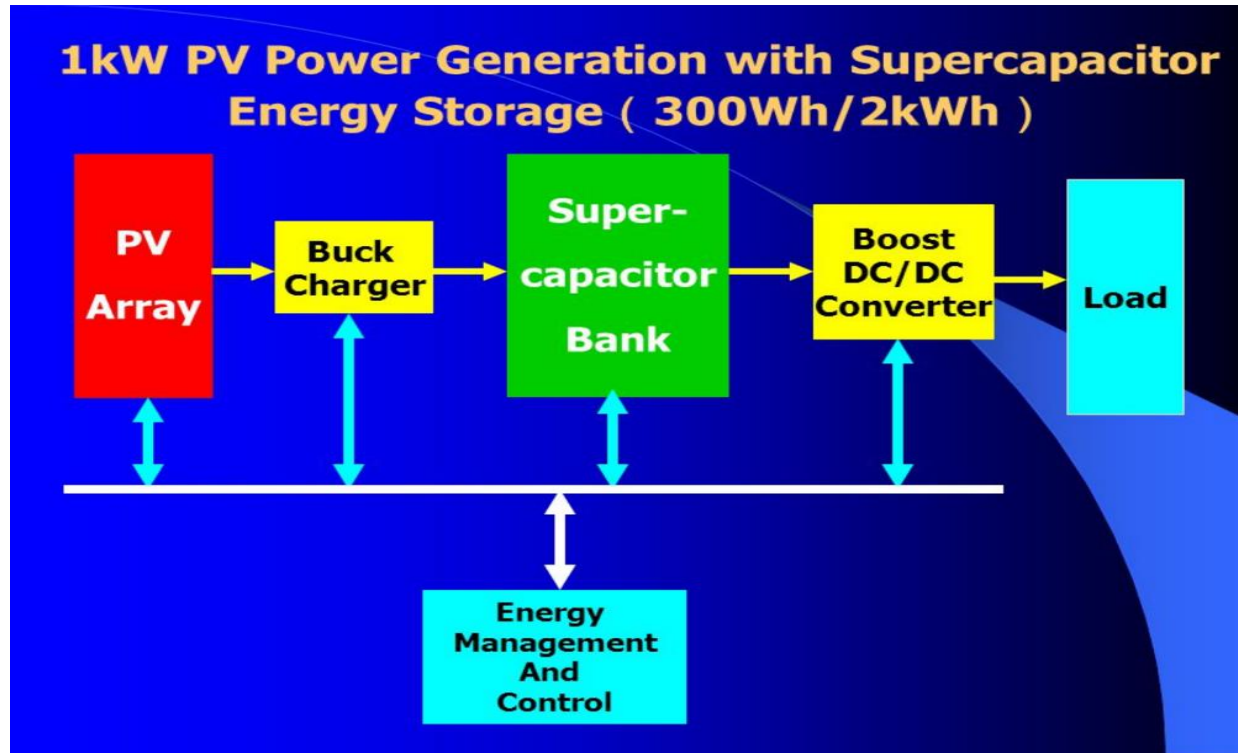
- تجهیزات نظامی و لیزر های نظامی
- تجهیزات پزشکی
- بک آپ منابع تغذیه
- واحد های کنترل از راه دور سولار
- توربین های بادی
- راه انداز شیز سلونوئید
- محرک موتور های الکترومغناطیسی
- درایور های بزرگ
- ماکروویو
- تجهیزات اندازه گیری و کنترل و ابزار دقیق



• وسایل نقلیه الکتریکی و هایبرید



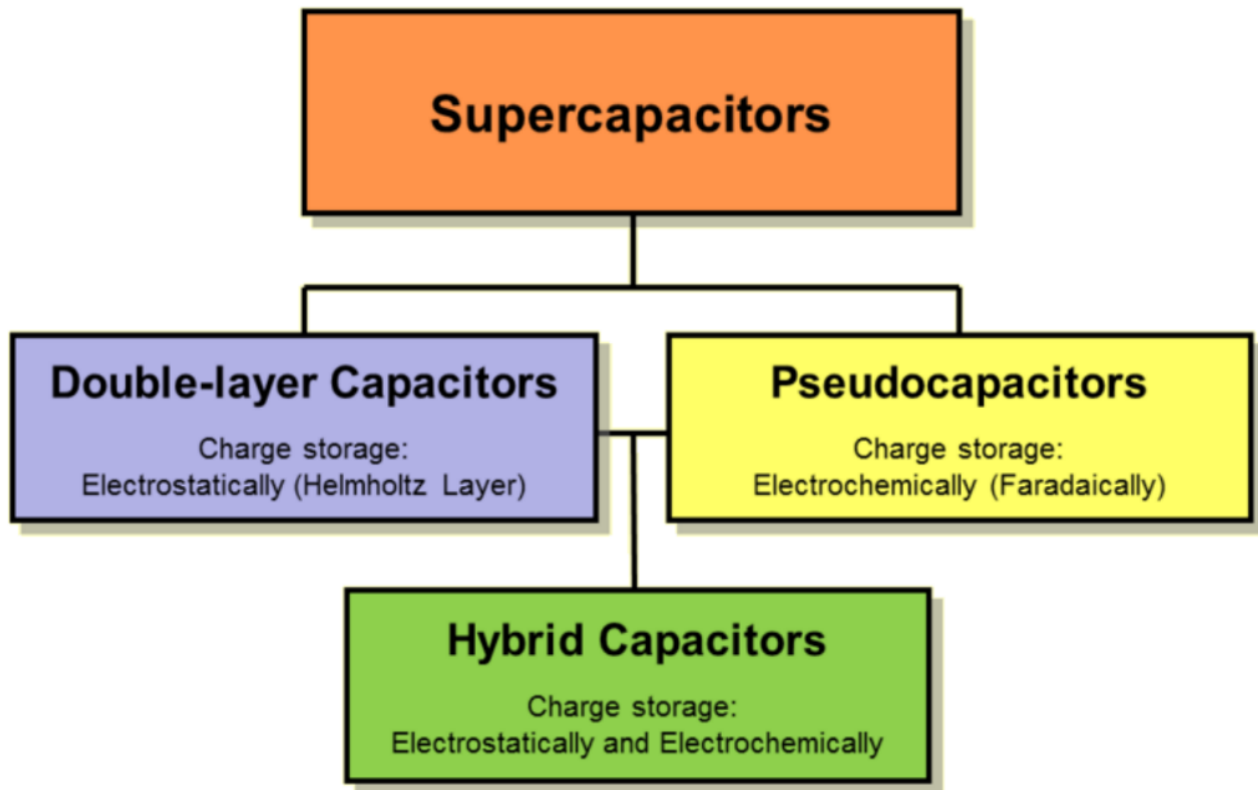
شکل 8: یک نمونه کاربرد در وسیله نقلیه ی الکتریکی



شکل 10: یک نمونه کاربرد در قطعات پزشکی
 شکل 11: یک نوع خازن دو لایه

پزشکی

1.5.3 دسته بندی انواع ابرخازن ها



شکل 12: دسته بندی انواع ابرخازن ها

4.5.1 مقایسه ذخیره ساز های ابرخازن، باتری و ابرسانا

ابر خازن ها نسبت به باتری های معمولی قابل شارژ با مزیت هایی مانند زمان شارژ حدود چند ثانیه نسبت به شارژ حدود چند ساعته و نیز میلیونها بار چرخه ی شارژ و دشارژ نسبت به بار شارژ و دشارژ، عمری طولانی تر دارند. علت آن این است که در ابر خازن ها تغییر شیمیایی بر روی الکترودها در حالت عادی رخ نمی دهد و انرژی به طور فیزیکی ذخیره می شود هم چنین ابر خازن ها دارای مقاومت داخلی بسیار کم و راندمان زیاد هستند.

Key Characteristic	Units	Supercapacitor	Batteries
Voltage	V	2.5 – 5V	1.2 – 4.2
Cold Operating Temp	°C	-40	-20
Hot Temperature	°C	+70 (85)	-60
Cycle Life		> 500,000	300 – 10,000
Calendar Life	Years	5-20	0.5 – 5
Energy Density	Wh/L	1 – 10	100 – 350
Power Density	W/L	1000 – 10,000	100 – 3,000
Efficiency	%	>98	70 - 95
Charge Rate	C/x	>1,500	<40
Discharge Time		Sec / Minutes	Hours

شکل 13: مقایسه ابرخازن ها با باتری ها



1.5.5 مزایا و معایب

مزایا: شارژ تقریباً آنی، طول عمر بسیار طولانی از نظر تعداد سیکل شارژ، قابلیت بهره‌گیری به عنوان منبع انرژی در خودروهای برقی، دمای بهره‌برداری 70 تا 40- درجه سانتی‌گراد

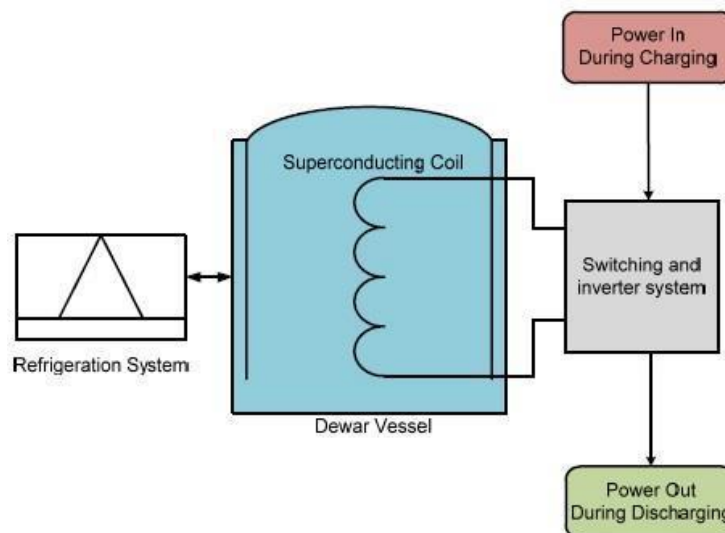
معایب: داشتن مدت شارژ کوتاه به علت چگالی پایین آن

1.6 ابررسانا ها (Superconductors)

1.6.1 ویژگی ها

اجسام ابررسانا ظرفیت ذخیره را افزایش داده و در دماهای پایین در مقابل عبور جریان از خود مقاومتی نشان نمی دهند. کاربرد ابررسانا ها توسط عواملی چون تغییر دما، میدان مغناطیسی بحرانی و چگالی جریان بحرانی محدود می شود. سیستم ذخیره ساز مغناطیسی ابررسانا از سه بخش اساسی سیم پیچ ابررسانا، سیستم اصلاح و بهبود توان، و سیستم خنک کننده تشکیل می شود. سیم پیچ ابررسانا به صورت یک سلف به کار می رود و در ساعات غیر پیک انرژی الکتریکی از طریق یک جریان مستقیم به صورت انرژی مغناطیسی در میدان سلف مذکور ذخیره می شود. اگر سیم پیچ از مس باشد

مغناطیسی
سیم به خاطر تلف می شود
جنس ابررسانا در حالت پایا و لازم است،
شود. ابررسانا



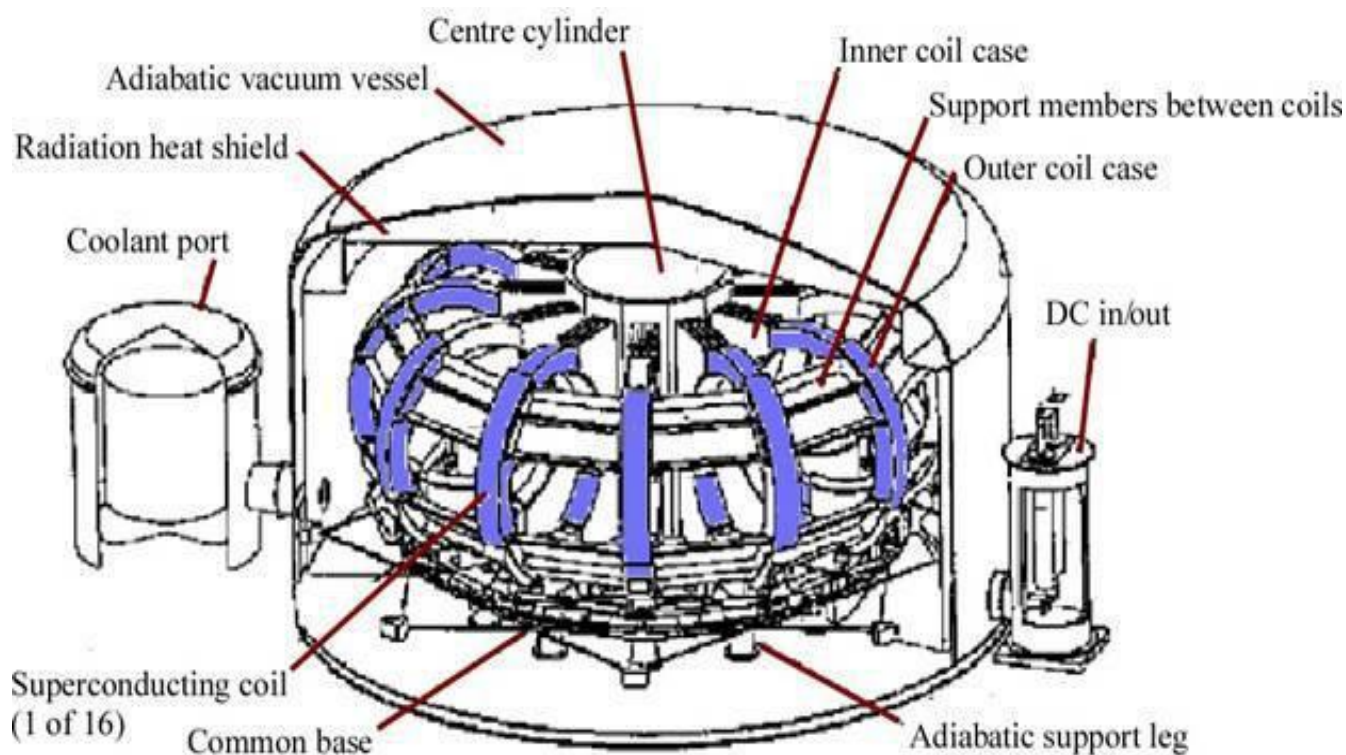
موادی مثل انرژی زیادی در مقاومت، و اگر سیم از باشد انرژی تا زمانی که ذخیره می



بودن سیم پیچ باعث تلفات بسیار ناچیز سیستم شده و جریان آن تقریباً بدون تغییر باقی می ماند.

ابرساناها در مقابل جریان مقاومت ندارند ولی در کاربرد جریان الکتریکی تلفات دارند که این تلفات با طراحی مناسب کاهش پیدا می کند.

برای حالت کاری انرژی زیادی ذخیره می شود. سیستم خنک کننده وظیفه کاهش دمای ابرسانا را به منظور حفظ خاصیت ابرسانایی بر عهده دارد که بهترین دما برای دستگاه ها 50-77 درجه ی کلوین است.



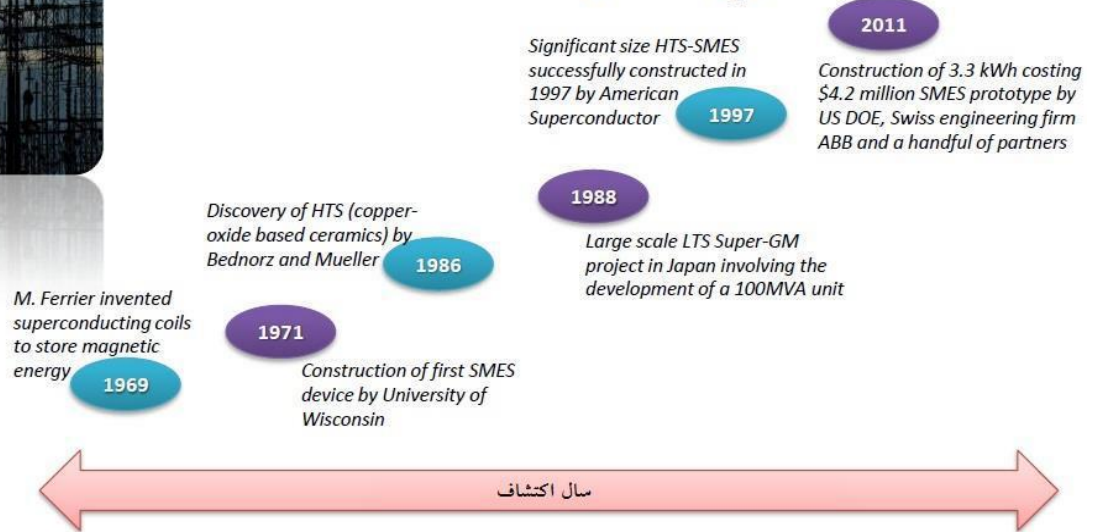
شکل 15: یک نمونه ذخیره ساز ابرسانا و اجزای آن

1.6.2 تاریخچه



تحولات ذخیره ساز مغناطیسی

ابرسیانا از سال ۱۹۶۹ تا ۲۰۱۱



شکل

1.7 منابع

[act11] Webpage Active Power, Inc.: <http://www.activepower.com>, Accessed: 8 Aug 2011.

[alb10] Uwe Albrecht: Hydrogen as storage option in the energy system of the future, Presentation, Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH, 10th annual meeting of the network for fuel cells and hydrogen (NRW), 9 Dec 2010.

[atw11] T. B. Atwater and Arthur Doble, Metal/Air batteries, Lindens Handbook of Batteries, 2011, ISBN 978-0-07-162421-X.

[bat85] N.N.: Bath County Pumped Storage. Civil Engineering, ASCE, 55 (7), pp. 55, 1985.

[bcg11] The Boston Consulting Group: Revisiting Energy Storage, Report, Feb 2011.

[bmw10] Bundesministerien BMWI und BMU Energiekonzept für eine umweltschonende, zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung Bericht, Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWI) und Bundesministerium für Umwelt (BMU), September 2010.



[bul04] C. Bullough: Advanced Adiabatic Compressed Air Energy Storage for the Integration of Wind Energy European, Wind Energy Conference and Exhibition, London, 22-25 Nov 2004.

[csp11] Webpage CSP Today: <http://social.csptoday.com/industry-insight/direct-steam-generationparabolic-troughs-what-does-endesa-dlr-have-store>, Accessed 4 Aug 2011.

