



دانشگاه زنجان

دانشکده مهندسی

گروه برق

پایان نامه کارشناسی

گرایش : قدرت

عنوان : ذخیره سازی انرژی در سیستم های قدرت

استاد راهنما : دکتر کاوه نظامی زاده

نگارش : محمد امیری

۱	فصل ۱ ذخیره سازی انرژی چیست؟	۱-۱	مقدمه
۲	۲-۱ نقش بازاریابی در توسعه انرژی های تجدیدپذیر	۲-۲	روش های ذخیره سازی انرژی الکتریکی
۳	۳-۱ روش های ذخیره سازی انرژی الکتریکی	۳-۲	کاربرد های مختلف ذخیره سازی برق
۴	۴-۱ کاربرد های مختلف ذخیره سازی برق	۴-۲	تکنولوژی های مربوط به ذخیره سازی انرژی الکتریکی
۵	۵-۱ تکنولوژی های مربوط به ذخیره سازی انرژی الکتریکی	۵-۲	فصل ۲ ذخیره سازی از طریق باتری های کاربرد
۶	۶-۱ مقدمه	۶-۲	مدت زمان سیکل شارژ و دشارژ باتری
۷	۷-۱ مقدمه	۷-۲	باتری های برمید پلی سولفید (PSB)
۸	۸-۱ مقدمه	۸-۲	باتری های وانادیم (VRB)
۹	۹-۱ مقدمه	۹-۲	باتری های برمید روی (ZnBr)
۱۰	۱۰-۱ مقدمه	۱۰-۲	باتری های سولفید سدیم (NaS)
۱۱	۱۱-۱ مقدمه	۱۱-۲	باتری های یون لیتیم
۱۲	۱۲-۱ مقدمه	۱۲-۲	بررسی یک مورد بکار رفته از این فناوری
۱۳	۱۳-۱ مقدمه	۱۳-۲	فصل ۳ ذخیره سازی انرژی با هوای فشرده (CAES)
۱۴	۱۴-۱ مقدمه	۱۴-۲	انواع و الزامات سیستم های CAES
۱۵	۱۵-۱ مقدمه	۱۵-۲	مفاهیم اولیه ی فناوری CAES
۱۶	۱۶-۱ مقدمه	۱۶-۲	اجزای سیستم CAES
۱۷	۱۷-۱ مقدمه	۱۷-۲	عملکرد ذخیره سازی انرژی با هوای فشرده
۱۸	۱۸-۱ مقدمه	۱۸-۲	استفاده از CAES در نیروگاه گازی
۱۹	۱۹-۱ مقدمه	۱۹-۲	مزایا و معایب سیستم های CAES
۲۰	۲۰-۱ مقدمه	۲۰-۲	ظرفیت انرژی هوای فشرده
۲۱	۲۱-۱ مقدمه	۲۱-۲	تزریق هوا در CAES
۲۲	۲۲-۱ مقدمه	۲۲-۲	مطالعه حقوقی برق ذخیره سازی
۲۳	۲۳-۱ مقدمه	۲۳-۲	دلایل عدم اقبال جهانی CAES
۲۴	۲۴-۱ مقدمه	۲۴-۲	ساخت و برنامه ریزی آینده CAES
۲۵	۲۵-۱ مقدمه	۲۵-۲	نیروگاه های آبی تلمبه ذخیره ای دور متغیر
۲۶	۲۶-۱ مقدمه	۲۶-۲	فصل ۴ نیروگاه های آبی تلمبه ذخیره ای دور متغیر
۲۷	۲۷-۱ مقدمه	۲۷-۲	نیروگاه های آبی تلمبه ذخیره ای دور متغیر
۲۸	۲۸-۱ مقدمه	۲۸-۲	نیروگاه های آبی تلمبه ذخیره ای دور متغیر
۲۹	۲۹-۱ مقدمه	۲۹-۲	نیروگاه های آبی تلمبه ذخیره ای دور متغیر

فصلنامه علمی-تخصصی

پایان نامه کارشناسی

انرژی ذخیره‌شده	انواع نیروگاه های تلمبه ذخیره ای
۳۰	۲-۴
۳۲	مزیت پمپ توربین های دور متغیر
۳۵	۴-۴
۳۶	موتور- ژنراتور های دور متغیر
۳۷	نمونه های نصب شده
	۵-۴
	پاسخ دینامیکی سیستم
۴۱	۷-۴
۴۲	جمع بندی
	ذخیره سازی ابر خازن
	فصل ۵
	۱-۵
	مقدمه
	۲-۵
	مفهوم
	۳-۵
	تاریخچه
	۴-۵
	فناوری
	۵-۵
	مواد
	۶-۵
	قیمت و بازار
	۶-۵
	آیتمت و بازار
	ذخیره سازی ابر رسانا SMES
	فصل ۶
	۱-۶
	مقدمه
	۲-۶
	ابر رسانایی
	۳-۶
	کاربرد های ابر رسانایی
	۴-۶
	چگونگی ساختار یک سیستم SMES
	۵-۶
	نحوه کار سیستم SMES
	۶-۶
	اولین سیستم SMES
	۷-۶
	SMES و مدل سازی آن
	۸-۶
	چگونگی انجام کار
	۹-۶
	نقش و تاثیر سیستم SMES در یک شبکه قدرت نمونه
	۱۰-۶
	استفاده از SMES در سیستم قدرت پرسک آیزل
	۱۱-۶
	مقایسه SMES با دیگر ذخیره کننده های انرژی
	۱۲-۶
	بر آورد هزینه ها و مزایای استفاده از SMES
	۱۳-۶
	نتیجه گیری و پیشنهادات
	فصل ۷
	۱-۷
	مقدمه
	۲-۷
	معرفی
	۳-۷
	چرخ طیار قدیمی

انشا‌ه زنجان و انشاده مندی گروه برق آزمای‌گاه پروژه برق و انشا‌ه زنجان و انشاده مندی گروه برق آزمای‌گاه پروژه برق و انشا‌ه زنجان و انشاده مندی گروه برق آزمای‌گاه پروژه برق	
زنجان و انشاده مندی گروه برق آزمای‌گاه پروژه برق و انشا‌ه زنجان و انشاده مندی گروه برق آزمای‌گاه پروژه برق و انشا‌ه زنجان و انشاده مندی گروه برق آزمای‌گاه پروژه برق	چرخ‌گیاره های سرعت بالا سی ۴-۷
انشاده مندی گروه برق آزمای‌گاه پروژه برق و انشاده زنجان و انشاده مندی گروه برق آزمای‌گاه پروژه برق و انشا‌ه زنجان و انشاده مندی گروه برق آزمای‌گاه پروژه برق	۵-۷ Clean Source یکی از بهترین‌ها
انشاده مندی گروه برق آزمای‌گاه پروژه برق و انشاده زنجان و انشاده مندی گروه برق آزمای‌گاه پروژه برق و انشا‌ه زنجان و انشاده مندی گروه برق آزمای‌گاه پروژه برق	فصل ۸ مقایسه ذخیره سازها از نظر کوتاه یا طولانی مدت بودن ذخیره سازی
مندی گروه برق آزمای‌گاه پروژه برق و انشاده زنجان و انشاده مندی گروه برق آزمای‌گاه پروژه برق و انشا‌ه زنجان و انشاده مندی گروه برق آزمای‌گاه پروژه برق	۱-۸ مقدمه
گروه برق آزمای‌گاه پروژه برق و انشا‌ه زنجان و انشاده مندی گروه برق آزمای‌گاه پروژه برق و انشا‌ه زنجان و انشاده مندی گروه برق آزمای‌گاه پروژه برق	۲-۸ خلاصه اجرایی
گروه برق آزمای‌گاه پروژه برق و انشا‌ه زنجان و انشاده مندی گروه برق آزمای‌گاه پروژه برق و انشا‌ه زنجان و انشاده مندی گروه برق آزمای‌گاه پروژه برق	۳-۸ فن آوری و سیستم های ذخیره سازی انرژی
برق آزمای‌گاه پروژه برق و انشا‌ه زنجان و انشاده مندی گروه برق آزمای‌گاه پروژه برق و انشا‌ه زنجان و انشاده مندی گروه برق آزمای‌گاه پروژه برق	۴-۸ خصوصیات
آزمای‌گاه پروژه برق و انشا‌ه زنجان و انشاده مندی گروه برق آزمای‌گاه پروژه برق و انشا‌ه زنجان و انشاده مندی گروه برق آزمای‌گاه پروژه برق	۵-۸ نمودار سیستم‌ها
پروژه برق و انشا‌ه زنجان و انشاده مندی گروه برق آزمای‌گاه پروژه برق و انشا‌ه زنجان و انشاده مندی گروه برق آزمای‌گاه پروژه برق	۶-۸ تجزیه و تحلیل هزینه
برق و انشا‌ه زنجان و انشاده مندی گروه برق آزمای‌گاه پروژه برق و انشا‌ه زنجان و انشاده مندی گروه برق آزمای‌گاه پروژه برق	۷-۸ هزینه سرمایه
انشاده زنجان و انشاده مندی گروه برق آزمای‌گاه پروژه برق و انشا‌ه زنجان و انشاده مندی گروه برق آزمای‌گاه پروژه برق	۸-۸ نتیجه گیری و توصیه‌ها
برق و انشا‌ه زنجان و انشاده مندی گروه برق آزمای‌گاه پروژه برق و انشا‌ه زنجان و انشاده مندی گروه برق آزمای‌گاه پروژه برق	مراجع
انشاده زنجان و انشاده مندی گروه برق آزمای‌گاه پروژه برق و انشا‌ه زنجان و انشاده مندی گروه برق آزمای‌گاه پروژه برق	۹-۴

چکیده:

ذخیره سازی انرژی برق یکی از مباحث مهم صنعت برق کشور به شمار می آید. از آن گذشته استفاده مداوم از انرژی برق به دلیل کم باری در برخی از ساعات و در مدار قرار داشتن همه نیروگاهها امکان پذیر نیست. در مقاله زیر به روشهای ذخیره سازی برق در ایستگاههای قدرت اشاره شده است.

یکی از مسائلی که امروزه در سیستم های قدرت به ویژه شبکه قدرت ایران بسیار مورد توجه برنامه ریزان و بهره

برداران سیستم قرار دارد، تغییرات زیاد و عدم یکنواخت بودن منحنی بار در ساعات مختلف شبانه روز است. این موضوع منجر شده است تا تنها در ساعات پیک بار از تمامی ظرفیت نصب شده تولید کشور استفاده شود و در ساعات کم باری و میان باری مقدار زیادی از ظرفیت نصب شده خارج از مدار باشد که این مطلب به

معنای خواب سرمایه است. این مشکل کمابیش در شبکه های قدرت دنیا که دارای منحنی های بار با تغییرات زیاد هستند مشاهده می شود. این موضوع محققان را بر آن داشته است تا با نگاهی به تحریبات بشر و پیش زمینه ذخیره سازی از دیرباز، در اندیشه ذخیره کردن انرژی الکتریکی باشند. از آنجا که هزینه تولید برق و قیمت فروش آن در ساعات مختلف شبانه روز با توجه به راه افتادن بازار برق، تفاوتی چشمگیری دارد، بنابراین ایده

ذخیره سازی برق در ساعات غیر پیک (برق ارزان) و استفاده از آن در ساعات پیک (برق گران) مطرح شد. از سوی دیگر تقاضای روز افزون انرژی در بخش های مختلف جوامع مختلف را با چالش بزرگی روبرو ساخته است. افزایش روز افزون مصرف انرژی نیاز به تولید هرچه بیشتر آنرا ضروری ساخته است. در همین زمان

ابزارهای لازم برای تولید انرژی با مشکلات زیادی روبرو می باشند. معاهده های بین المللی با هدف کاهش سطح آلودگی افزایش یافته اند و افزایش جهانی دمای هوا باعث حرکت به سوی محدود شدن انتشارات دی اکسید کربن شده است. این مسائل باعث جایگزینی روش های قدیمی تولید انرژی با روش های جدید می شود.

پاره ای از روش های جدید هنوز در دست بررسی هستند مانند تولید انرژی به کمک چوش هسته ای و تعدادی دیگر از آنها متکی به شرایط آب و هوایی می باشند مانند انرژی بادی، خورشیدی و انرژی هیدروالکتریک. این روش های جدید مزایای عمده ای نسبت به روش های قدیمی تولید انرژی دارند ولی با این وجود چالش های زیادی در استفاده از آنها وجود دارد. خروجی روش های متداول تولید انرژی به سادگی قابل تنظیم برای

احتیاجات مختلف می باشد در حالی که به علت وابستگی منابع جدید به طبیعت و شرایط آب و هوایی ممکن است خروجی آنها مطابق با مقدار انرژی مورد نیاز نباشد. خروجی این منابع در دوره های روزانه، ماهانه و سالانه ممکن است نوسان زیادی داشته باشد. در عین حال میزان تقاضا نیز ممکن است به طور روزانه، ماهانه و

سالانه تغییر پیدا کند. از این سو ما نیاز به روشی داریم که در مواقع زیادی انرژی آنرا ذخیره نماید و در مواقع کمبود از انرژی ذخیره شده استفاده نماید. تنها در این صورت می باشد که ما می توانیم به منابع انرژی

فصل اول

۱-۱- مقدمه

در اصل، ذخیره سازی انرژی، یک تصمیم اقتصادی است. بدون ذخیره سازی، صنعت باید بتواند یک شبکه ی برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان داشته باشد. کاملاً تحویلی را توسعه داده و نگه داری کند که قادر به برآورده کردن بالاترین پیک سال در هر زمانی باشد.

بدون ذخیره سازی، صنعت باید در قالب یک چارچوب "بلادرنگ" کار کند که نه تنها وابسته به تقاضای متغیر پروژه برق دانشگاه زنجان است، بلکه کاملاً وابسته به لطف یکی از غیر قابل کنترل ترین متغیرهای شناخته شده است: آب و هوا. با ذخیره سازی، مالکین تنها باید آن چیزی را بسازند که برای یک بار سنگین اما عادی لازم

است. اینکه منجر به استفاده ی بیشتری از تجهیزات موجود شده و بنابراین بازگشت سرمایه (ROI) ی بیشتری داشته باشد خواهد داشت.

اگرچه الکتریسیته نمی تواند به طور مستقیم ذخیره شود (به شکل ارزان)، می تواند به آسانی در اشکال دیگر ذخیره شده و در هنگام نیاز به الکتریسیته تبدیل گردد. ارزش افزوده ی الکتریسیته در طول ساعات پیک می تواند

هزینه ی ذخیره سازی انرژی تولیدی در شب را پوشش دهد. هر چه تقاضا به گسترش خود ادامه می دهد، ذخیره سازی می تواند نقش حیاتی و چندکاره ای را بازی کند چرا که امکانات ذخیره سازی برای کار در محیط های دینامیک طراحی می شوند. دیگر عوامل معرفی فن آوری های ذخیره سازی شامل تاثیرات محیطی کاهش

یافته، حل بسیاری از چالش های مرتبط با استفاده افزایش یافته از منابع انرژی تجدیدپذیر، و افزایش ضریب امنیتی انرژی می باشد.

۱-۲- نقش بازار

ذخیره سازی انرژی با تغذیه ی توان در زمان و مکان مورد نیاز، موجب ایجاد یک بازار پاسخگو خواهد شد. این بازار:

دانشجویان محترم:

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

مراجع

فصل اول و دوم

Andrei Ter-Gazarian, Energy storage for power systems, Institution of Electrical Engineers, 1994

فصل سوم

1. ^ <http://www.energytower.org/cawegs.html>
2. ^ ^{a b} Wild, Matthew, L. Wind Drives Growing Use of Batteries, New York Times, July 28, 2010, pp.B1.
3. ^ "German AACAES project information". <http://www.bine.info/pdf/publikation/projekt0507englinternetx.pdf>. Retrieved 2008-02-22.
4. ^ http://my.epri.com/portal/server.pt?Abstract_id=TR-101751-V2
5. ^ http://www.westgov.org/wieb/electric/Transmission%20Protocol/SSG-WI/pnw_5pp_02.pdf
6. ^ Compressed-Air Propulsion
7. ^ ^{a b} 3-stage propulsion with intermediate heating
8. ^ ^{a b} "Distributed Energy Program: Compressed Air Energy Storage". United States Department of Energy. http://www.eere.energy.gov/de/compressed_air.html. Retrieved 2006-08-27.
9. ^ <http://www.answers.com/topic/solution-mining?cat=technology> ; <http://www.saltinstitute.org/12.html>
10. ^ ^{a b} Chambers's Encyclopaedia: A Dictionary of Universal Knowledge. W. & R. Chambers, LTD. 1896. pp. 252–253. <http://books.google.com/books?id=4pwMAAAAYAAJ&pg=PA252>. Retrieved 2009-01-07.
11. ^ Technische Mislukkingen by Lex Veldhoen & Jan van den Ende
12. ^ <http://web.mit.edu/16.unified/www/FALL/thermodynamics/notes/node33.html>
13. ^ Air - Density and Specific Weight, The Engineering Toolbox
14. ^ Gas cylinders -- High pressure cylinders for the on-board storage of natural gas as a fuel for automotive vehicles
15. ^ A History of the Torpedo The Early Days
16. ^ Engine PHEV-system schematic
17. ^ ^{a b} Pendick, Daniel (2007-11-17). "Squeeze the breeze: Want to get more electricity from the wind? The key lies beneath our feet". *New Scientist* **195** (2623): 4. <http://environment.newscientist.com/channel/earth/mg19526231.700-rocks-could-be-novel-store-for-wind-energy.html>. Retrieved 2007-11-17.
18. ^ Frequently Asked Questions
19. ^ <http://www.firstenergycorp.com/NewsReleases/2009-11-23%20Norton%20Project.pdf>

- دانشگاه زنجان و انستیتو مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان و انستیتو مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان و انستیتو مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان
20. ^ "Wind plus compressed air equals efficient energy storage in Iowa proposal". *Energy Services Bulletin website*. Western Area Power Administration. <http://www.wapa.gov/es/pubs/ESB/2003/03Aug/esb084.htm>. Retrieved 2008-04-29.
21. ^ Prior art. Oliver Laing et al. Energy storage for off peak electricity. United States Patent No. 4873828.
22. ^ PA131/08 — June 16, 2008

گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان و انستیتو مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان و انستیتو مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان و انستیتو مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان

فصل چهارم

- [۱] J. -J. Simond, D. Schafer, *Expected benefits of adjustable speed pumped storage in the European network*, HYDROPOWER into the next century, October ۱۹۹۹, Gmunden, Austria
- [۲] D. Schafer, J. J. Simond, *Adjustable Speed Asynchronous Machine in Hydro Power Plants and its Advantages for the Electric Grid Stability*, IGRE Report, Paris ۱۹۹۸.
- [۳] A. Sapin, A. Hodder, J. J. Simond, D. Schafer, *Doubly-Fed Asynchronous Machine with ۳-Level VSI for Variable Speed Pump Storage*, ICEM۲۰۰۰
- [۴] Jen-Kuang Lung, Ying Lu, Wen-Lung Hung, and Wen-Shiow Kao, *Modeling and Dynamic Simulations of Doubly Fed Adjustable-Speed Pumped Storage Units*, IEEE Trans. Energy Conversion, VOL. ۲۲, NO. ۲, JUNE ۲۰۰۷
- [۵] P. Donalek, *System Reliability Improvement with Adjustable Speed*. *Machines*, IEEE Power Eng. Rev. , February ۱۹۹۸
- [۶] A. Bocquel, J. Janming, *Analysis of a ۳۰۰ MW Variable Speed Drive for Pump-Storage Plant Applications*, European Con. Power Electronics and Applications, ۲۰۰۵ European Conference on
- [۷] D. N. Konidaris, *Investigation of Back-to-Back Starting of Pumped Storage Hydraulic Generating Units*, IEEE Trans. Energy Conversion, Vol. ۱۷, No. ۲, June ۲۰۰۲
- [۸] T. Kuwabara A. Shibuya H. Furuta, *Design and Dynamic Response Characteristics of ۴۰۰ MW Adjustable Speed Pumped Storage Unit For OHKAWACHI Power Station*, IEEE Trans. Energy Conversion, Vol. ۱۱, No. ۲, June ۱۹۹۶
- [۹] S. Furuya, et al, *Successful achievement in a Variable speed pumped Storage Power System at YAGISAWA Power Plant*, IEEE Con. Power Conversion, Yokohama ۱۹۹۳

دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان
[۱۰] Hsu Ku, *The Planning of ۶۰۰ MW Kuang-Ming Pumped Storage Project In Taiwan*, ۴th Inter. Con. Hydro Science and engineering, Seoul ۲۰۰۰.

[۱۱] A. Schwery, E. Fass, J. M. Henry, W. Bach, A. Mirzaian, *Pump storage power plant: ALSTOM's long experience and technological innovation*

فصل پنجم

۱- ^ 5000F, Nesscap Products

۲- ^ <http://www.act.jp/eng/index.htm>

۳- ^ Researchers fired up over new battery, Deborah Halber, MIT News Office, February 8, 2006

۴- ^ [<http://www.act.jp/eng/index.htm>

۵- ^ http://www.dailymotion.com/video/x65xr6_ultracapacitor-google-nbspvideo_tech

۶- ^ Carbon Nanotube Enhanced Ultracapacitors, MIT LEES ultracapacitor project

۷- ^ "Low voltage electrolytic capacitor" US patent 2800616, issued 1957-07-23

۸- ^ ^{a b} The Charge of the Ultra - Capacitors. IEEE Spectrum, November 2007

۹- ^ http://rgn.hr/~dkuhinek/nids_daliborkuhinek/1%20OEE-RN/5Seminari/2006_2007/13%20Superkondenzator.ppt

۱۰- ^ Высокоёмкие конденсаторы для 0,5 вольтовой наноэлектроники будущего

۱۱- ^ http://rgn.hr/~dkuhinek/nids_daliborkuhinek/1%20OEE-RN/5Seminari/2006_2007/13%20Superkondenzator.ppt

۱۲- ^ Prototype Test Results highly appreciated by Ultracapacitor Experts. APowerCap press release, 2006.

۱۳- ^ ^{a b} Fundamentals on electrochemical capacitor design and operation

۱۴- ^ MIT LEES on Batteries. MIT press release, 2006.

۱۵- ^ Lerner EJ, "Less is more with aerogels: A laboratory curiosity develops practical uses". *The Industrial Physicist* (2004)

۱۶- ^ Y-Carbon

۱۷- ^ Yushin, G., Dash, R.K., Jagiello, J., Fischer, J.E., & Gogotsi, Y. (2006). Carbide derived carbons: effect of pore size on hydrogen storage and heat of adsorption. *Advanced Functional Materials*, 16(17), 2288-2293, Retrieved from <http://nano.materials.drexel.edu/Papers/200500830.pdf>

۱۸- ^ Latest developments in carbide derived carbon (2006)

۱۹- ^ Beyond batteries: storing power in a sheet of paper. Rensselaer Polytechnic Institute press release (13 August 2007)

۲۰- ^ <http://www.electronicweekly.com/Articles/2006/03/03/37810/Supercapacitors-see-growth-as-costs-fall.htm>

زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان

13. ^ F1 technical regulations
14. ^ - Flybrid Systems
15. ^ - Flybrid Systems, Road Car Application
16. ^ "ACO Technical Regulations 2008 for Prototype "LM"P1 and "LM"P2 classes, page 3" (PDF). Automobile Club de l'Ouest (ACO). 2007-12-20.
http://www.lemans.org/sport/sport/reglements/ressources/auto_2008/cdc_reglement_lmp_fr_gb_2008.pdf. Retrieved 2008-04-10.
17. ^ Beacon Power Announces Testing of First Megawatt of Flywheel Energy Storage
18. ^ Flywheel-based Solutions for Grid Reliability
19. ^ rosseta Technik GmbH, Flywheel Energy Storage, German, retrieved February 4, 2010.
20. ^ Beacon Power Corp, Frequency Regulation and Flywheels fact sheet, retrieved February 22, 2010.

فصل هشتم

- [1] Sandia National Laboratories, "Energy Storage Systems, Program Overview," January 1999.
- [2] Butler, P. C., "Battery Energy Storage for Utility Applications," Sandia Report, SAND94-2605, UC-212, October 1994.
- [3] Schoenung, S. M., Eyer, J. M., Iannucci, J. J., Horgan, S. A., "Energy Storage for a Competitive Power Market," *Annual Rev. Energy Environ.* 1996. 21: 347-70.
- [4] Schoenung, S. M., Burns, C., "Utility Energy Storage Application Studies," *IEEE Transactions on Energy Conversion*, Vol. 11, No. 3, pp. 658-65, Sept. 1996.
- [5] The Emerging Roles of Energy Storage in a Competitive Power Market: Summary of a DOE Workshop. Sandia National Laboratories, Albuquerque, NM, Report SAND95-8247, UC-406, June 1995.
- [6] Harty, F. R., Jr., Depenbrock, F., Ward, P. W., Sheckman, D. L., "Options in Energy Storage Technologies," *The Electricity Journal*, Vol. 7, No. 6, July/Aug. 1994.
- [7] Linden, D., "Handbook of Batteries," MacGraw Hill, Inc., New York City, NY, 1995.
- [8] Koenig, A., Rasmussen, J., "Sodium/Sulfur Battery Engineering for Stationary Energy Storage," Contractor Report, SAND96-1062, UC-1350, April 1996.
- [9] Bechtel National, Inc., "Small Compressed Air Energy Storage Plants with Air Storage in Fabricated Vessels," prepared for Southern California Edison Company, November 1986.
- [10] Nakhamkin, M., Wolk, R., "Compressed Air Inflates, Gas Turbine Outputs," *Power Engineering*, pp. 38-40, March 1999.
- [11] Mike Gravely, American Superconductor Corporation, personal communication, April 1999.
- [12] "An Assessment of High-Temperature Superconductors for High-Field SMES Systems," EPRI Report, EPRI TR- 110719WO8920, November 1998.
- [13] Thomas, G., Guthrie, S., Wu, B., and Derickson, L., "Hydride Bed Technology Validation Project," Proceedings of the DOE Hydrogen Program 1999 Annual Peer Review, May 1999.

- دانشگاه زنجان و انستیتو مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان و انستیتو مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان و انستیتو مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان
- [14] Schoenung, S. M., "Hydrogen Energy Storage Comparison," prepared for DOE under contract no. PE-FC36-96-GO10140, A003, March 1999.
- [15] Schoenung, S. M., Bieri, R. L., Meier, W. R., "Superconducting Magnetic Energy Storage Coil Size Analysis," report submitted to Oak Ridge National Laboratory, subcontract no. DE-AC05-84OR21400, Jan. 1994.
- [16] Swaminathan, S., Sen, R. K., "Electric Utility Applications of Hydrogen Energy Storage Systems," prepared for U. S. Dept. of Energy, Golden, CO, under contract No. DEFC36GO10170.
- [17] Ogden, J. M., Dennis, E., Steinbugler, M., Strohhahn, J. W., "Hydrogen Energy System Studies," submitted to the National Renewable Energy Laboratory, prepared for DOE under contract no. XR-11265-2, Jan. 18, 1995.
- [18] DiPietro, J. P., Badin, J. S., "Technology Characterizations for the E3 (Energy, Economic, Environment) Pathway Analysis," Cost and Performance Database, prepared for Hydrogen Program, Energy Efficiency and Renewable Energy, U. S. Dept. of Energy, April 1995.
- [19] Jay Keller, Sandia National Laboratories, personal communication, April 1998.
- [20] Schoenung, S. M., "Business and Development Plan for End-Use Energy Storage Technologies," prepared for EPRI under contract no. 6424-WO4897, December 1997.
- [21] David Haberman, DCH Technology, Inc., personal communication, April 1999.