



دانشگاه زنجان

دانشکده مهندسی

گروه برق

پایان نامه کارشناسی

گرایش: قدرت

عنوان: جبرانساز افتادگی ولتاژ شبکه با استفاده از سیستم ذخیره ساز ابررسانایی انرژی

مغناطیسی

استاد راهنما: آقای دکتر جلیل زاده

نگارش: مریم باقری

تیر ۹۰

# کتابخانه نامد کارشناسی

فهرست مطالب:

۱. مقدمه

۲. فصل اول: فروافتادگی ولتاژ برق آزمایشگاه پروژه برق

۳. تعریف فروافتادگی ولتاژ

۴. علل بروز فروافتادگی ولتاژ

چرا باید از وقوع فروافتادگی ولتاژ جلوگیری کرد؟

انواع فروافتادگی ولتاژ

رفع فروافتادگی ولتاژ به روش محدودسازی جریان خطا

فیوزها

تجهیزات ابررسانایی

محدودکننده های وابسته به دما

تجهیزات تزریق کننده جریان

تیوب های تخلیه گاز و خلأ

تجهیزات سلفی

مدارات رزونانسی

فصل دوم: ذخیره سازی انرژی

۳۰

روش های ذخیره سازی انرژی الکتریکی

۳۱

UPS چیست؟

۳۳

طبقه بندی UPS

۳۴

فناوری های UPS استاتیکی

۳۵

Off-line UPS

۳۵

Ferro resonant Standby

۳۶

Line interactive UPS

۳۸

On-line UPS

۳۹

انواع سیستم های ذخیره انرژی

۴۵

کاربردهای مختلف ذخیره سازی برق

۴۸

نتیجه گیری

۵۳

فصل سوم: ابررسانایی

۵۴

تاریخچه ابررسانا

۵۵

ابررسانایی

۵۶

ابررسانایی نوع ۱ و ۲

۵۸

کاربردهای ابررسانایی در صنعت برق

۵۹

کاربردهای ابررسانایی در ذخیره سازهای مغناطیسی

۵۹



۶۱

کاربرد ابررسانا در موتورها و ژنراتورها

۶۲

کاربرد ابررسانا در سیم و کابل

۶۲

کابل های انتقال قدرت

۶۳

کاربرد ابررسانا در ترانسفورماتورها

۶۳

کاربرد ابررسانا در محدودسازهای جریان خطا

۶۵

سوئیچ های ابررسانا

۶۵

ابررساناها و ژنراتورهای هیدرو دینامیک مغناطیسی

۶۶

حسگرهای ابررسانا

۶۶

دیگر کاربردها

۶۹

فصل چهارم: SMES

۷۰

SMES چیست؟

۷۰

اولین سیستم SMES

۷۰

SMES و مدل سازی آن

۷۲

چگونگی ساختار یک سیستم SMES

۷۴

نحوه کار سیستم SMES

۷۷

کاربردها

۷۸

نقش و تاثیرات سیستم SMES در یک شبکه قدرت نمونه

استفاده از SMES در سیستم قدرت پرسک آیزل

۸۰

استفاده از SMES و مقاومت ترمزی

۸۰

استفاده از سیستم قدرت پایدار کننده (PSS)

۸۱

مزایا و معایب

۸۲

مقایسه SMES با دیگر ذخیره کننده های انرژی

۸۲

مطالعات شبیه سازی

۸۳

برآورد هزینه ها

۸۷

نتیجه گیری و پیشنهادات

۸۸

منابع

۹۰



مقدمه:

در سال های اخیر توجه به تجهیزات الکتریکی و مصرف کنندگان بیشتر شده و روز به روز بر میزان توجه

به آن افزوده شده است. به طور کل می توان گفت دلیل اصلی توجه به مقوله کیفیت توان، مسائل

اقتصادی می باشد. در صورت ایجاد مشکل در توان تحویلی به مصرف کنندگان، به تجهیزات و بارهای آنها

لطمه اقتصادی وارد خواهد شد. کیفیت توان تاثیر اقتصادی مستقیمی بر بارهای صنعتی دارد. در سال های

اخیر استفاده از تجهیزات کنترل شونده با ادوات الکترونیکی در صنایع و مصارف خانگی بیشتر شده است

که این موضوع به معنی افزایش حساسیت بارها می باشد. وقوع اختلال در برق مصرفی چنین بارهایی

ممکن است ضررهای اقتصادی جبران نشدنی به همراه داشته باشد.

در چند دهه اخیر سیستم های ذخیره ساز انرژی با انگیزه های متفاوتی به منظور بهبود عملکرد سیستم

قدرت، مورد توجه قرار گرفته اند. به طور معمول در سیستم قدرت بین قدرت های الکتریکی تولیدی و

مصرفی تعادل لحظه ای برقرار است و هیچ گونه ذخیره انرژی در آن صورت نمی گیرد. بنابراین لازم است

میزان تولید شبکه، منحنی مصرف منطقه را تعقیب کند. واضح است بهره برداری از سیستم بدین طریق، با

توجه به شکل متعارف منحنی مصرف غیر اقتصادی است.

استفاده از ذخیره سازهای انرژی با ظرفیت بالا به منظور ترازسازی منحنی مصرف و افزایش ضریب بار، از

اولین کاربردهای ذخیره انرژی در سیستم قدرت در جهت بهره برداری اقتصادی می باشد. علاوه بر

این، اغتشاش های مختلف در شبکه (تغییرات ناگهانی بار، قطع و وصل خطوط انتقال، ...) خارج شدن سیستم

از نقطه تعادل را به دنبال دارد. در این شرایط ابتدا از محل انرژی جنبشی محور ژنراتورهای سنکرون

انرژی برداشت می شود، سپس حلقه های کنترل سیستم فعال شده و تعادل را برقرار می سازند. این روند

نوسان متغیرهای مختلف مانند فرکانس، توان الکتریکی روی خطوط و ... را موجب می شود که مشکلات

مختلفی را در بهره برداری از سیستم قدرت به دنبال دارد. هرگاه در سیستم مقداری انرژی ذخیره شده باشد، با مبادله سریع آن با شبکه در مواقع مورد نیاز به حد قابل توجهی می توان مشکلات فوق را کاهش داد. به عبارت دیگر، ذخیره ساز انرژی را می توان در بهبود عملکرد دینامیکی سیستم نیز به کار برد.

از اوایل دهه هفتاد مفهوم ذخیره سازی انرژی الکتریکی به شکل مغناطیسی مورد توجه قرار گرفت. با ظهور تکنولوژی ابرسانایی، کاربردهای گوناگونی برای این پدیده فیزیکی مطرح شد. از معروف ترین این کاربردها می توان به SMES اشاره کرد. در SMES انرژی در یک سیم پیچ با اندوکتانس بزرگ که از

ابرسانا ساخته شده است، ذخیره می شود. ویژگی ابرسانایی سیم پیچ موجب می شود که راندمان زفت و برگشت فرآیند ذخیره انرژی بالا و در حدود ۹۵٪ باشد. ویژگی راندمان بالای SMES آن را از سایر

تکنیک های ذخیره انرژی متمایز می کند. همچنین از آنجایی که در این تکنیک انرژی از صورت الکتریکی به صورت مغناطیسی و یا برعکس تبدیل می شود، SMES دارای پاسخ دینامیکی سریع می باشد. بنابراین می تواند در جهت بهبود عملکرد دینامیکی نیز به کار رود. معمولا واحدهای

ابرسانایی، ذخیره سازی انرژی را به دو گونه ظرفیت بالا ( $500 \text{ MWh}$ ) جهت ترازسازی منحنی مصرف، و ظرفیت پایین (چندین مگاژول) به منظور افزایش میرایی نوسانات و بهبود پایداری سیستم می سازند.

به طور خلاصه مهم ترین قابلیت SMES، جداسازی و استقلال تولید از مصرف است که این امر مزایای متعددی از قبیل بهره برداری اقتصادی، بهبود عملکرد دینامیکی و کاهش آلودگی را به دنبال دارد.

SMES بررسی در مورد نصب یک سیستم SMES به اضافه مقاومت ترمزی در محل پرسک آیزل انجام

می شود.

سرمایه گذاری مربوط به SMES، شامل تجهیزات SMES، پایدار کننده ی فرکانس و نیز هزینه ی نصب

ایستگاه فرعی است. همچنین هزینه هایی شامل دستمزد کارگران، طراحی و مهندسی و سودی است که

می تواند از عدم نصب مولد های جدید به خاطر نصب سیستم SMES بدست آید. برای سیستم SMES

با مقاومت ترمزی، هزینه ی مقاومت ترمزی و هزینه ی نصب آن نیز اضافه می شود. البته همان طور که

قبلا هم ذکر شد به صرفه بودن نصب یک سیستم SMES به عوامل مهمی چون اهمیت مصرف کننده

ها، اهمیت میزان حساسیت و هزینه ی تعمیرات ژنراتور تولید کننده ها، گستردگی شبکه و عوامل دیگر

بستگی دارد که باید با دقت و توجه بیشتری مورد بازبینی قرار گیرد.

نتیجه گیری و پیشنهادات:

برای سیستم های SMES تعدادی کاربرد در سیستم های توان وجود دارند که این کاربردها به صورت

کامل به وسیله ی شبیه سازی و تا حدی با آزمایشات اثبات می شود. SMES تنها فن آوری بر اساس

ابرسانایی است که در خدمات عمومی الکتریکی کاربرد دارد و از لحاظ تجاری در بعضی از کشور ها در

دسترس است. با این حال به دلیل هزینه های بالا و سرمایه گذاری زیاد سیستم های SMES، اکثر

مطالعات گزارش شده از طریق شبیه سازی ها و یا در آزمایشگاه ها انجام می شود و فقط چند مورد

عملی وجود دارد. بنابراین با پیشرفت تکنولوژی و کاهش در هزینه ی ابرساناها، بایستی تلاش بیشتری در

کاربردهای عملی SMES در سیستم های قدرت صورت گیرد.

در مقایسه ی خصوصیات منابع ذخیره ی انرژی معمولی با SMES می توان نتیجه گرفت هنگامی که به

توان اضطراری با زمان نسبتا طولانی مورد نیاز باشد از سیستم های معمولی ذخیره انرژی استفاده می

شود، ولی سیستم های SMES می توانند انرژی ذخیره شده را طی چند ثانیه به شبکه تزریق



کنند. بنابراین عملی ترین کاربرد سیستم های SMES مگاژولی، بهبود کیفیت توان از طریق جذب افت

ولتاژ و تامین پیک توان در صورت لزوم می باشد. فلذا نظر به اصلاح کیفیت توان و بهبود کاهش ولتاژهای

لحظه ای و افزایش قابلیت اطمینان در سیستم های قدرت که در سال های آتی از اهمیت فزاینده ای

برخوردار خواهد بود، نیاز به یک سیستم قدرتمندی مانند SMES که دارای پاسخ سریع است پیشنهاد

می شود. همچنین با توجه به گستردگی و یکپارچه بودن شبکه قدرت در ایران، نصب یک سیستم ذخیره

کننده انرژی SMES در این شبکه از اهمیت خاصی برخوردار است. منحنی پیک بار در ایران حالت

عادی نداشته و تفاوت سطح مصرف در ساعات حداکثر بار با دیگر اوقات بسیار زیاد است که این مسئله

ایجاب می کند که نیروگاه های جدیدی تنها برای ساعات حداکثر بار ساخته شده و به شبکه اضافه

شوند. مزایای گسترش و پیشرفت فن آوری SMES علاوه بر حل مشکل فوق باعث نفوذ و گسترش و

پیشرفت فن آوری استفاده از ابررساناها در دیگر صنایع کشور همچون: ساخت وسایل مدرن

پزشکی، ساخت کابل های ابررسانا، قطارهای معلق مغناطیسی (Maglev)، توپ ها و لانچرهای

الکترومغناطیسی پرس های مافوق سنگین، ساخت ماهواره ها، ساخت ابر کامپیوترها و دیگر صنایع خواهد

شد و می تواند کشور ما را از نظر علمی و صنعتی در سطح کشورهای پیشرفته ی دنیا قرار دهد.

منابع:

[۱] C.SANKARAN POWER QUALITY, CRS PRESS, Washington D.C.,2007

[۲] دکتر جواد روحی، دکتر عبدالرضا شیخ الاسلامی، "کیفیت توان سیستم های الکتریکی، بابلسر، دانشگاه مازندران، ۱۳۷۸

[۳] Lan K.p.Ross, Omniverter Inc, "voltage sags: an explanation, cause, effects

and correction part<sup>1</sup>", November 2007

[۴] j.c.krause, "short circuit current limiter", Eindhoven, Netherlands,

Department of Engineering, 1980

[۵] Pb power, "application of fault current limiter", 2007

[۶] <http://riemp.ut.ac.ir/technology-strong.htm>

[۷] <http://www.power2.ir>

[۸] <http://www.fadak.us/A.database/Electronic/learn>

[۹] ماهنامه صنعت برق، حسن مقبلی، رامین فرنی

[۱۰] چهاردهمین کنفرانس شبکه های توزیع نیروی برق، ۱۳۸۸

[۱۱] دومین کنفرانس سراسری اصلاح الگوی مصرف انرژی الکتریکی، ۱۳۸۹