انتخاب بهینه خازن های موازی درشبکه توزیع

بهروزمحبوبیان پیروزبرخوردار

شرکت سهامی خدمات مهندسی برق

(مشانیر)

چکیده

درسال ۱۳۶۹ پروژه‌ای تحت عنوان استاندارد طرح پست‌های ۶۳/۲۰ کیلوولت به‌مشانیرواگذار گردید ودررابطه‌بااین پروژه تحقیقات ومطالعات وسیعی درزمینه‌های مختلف ازجمله درمورد انتخاب بهینه‌خازن های موازی ازنظرمحل آن درسیستم ، ظرفیت هرواحد (UNIT) ، ظرفیت بانك های خازنی وتعداد ونوع فیدرهابعنوان استاندارد طرح پست های مذکور بعمل آمد که‌مقاله‌حاضرچکیده‌ای ازنتایج حاصل ازاین مطالعات بوده‌وبمنظور آگاهی سایرهمکاران درصنعت برق دراینجاآورده‌شده است تاازنظرات اصلاحی سایرصاحب نظران استفاده‌شود.

دراینجالازم است ازهمکاران خوب گروه‌تخصصی برق شرکت مشانیربخصوص آقای دکترمحمدهادی‌ایزدی ومهندس محموداحمدی پور که‌درتهیه‌این گزارش صمیمانه‌همکاری کرده‌اند قدردانی وسپاسگزاری‌کردد.

۱- کاربرد خازن های موازی

استفاده‌ازخازن های موازی درشبکه‌توزیع امروزه‌یکی ازرایج ترین روش هابرای بالا بـــــــردن مشخصات فنی سیستم ازنظر کمی وکیفی میباشد • مفهوم استفاده‌ازخازن های موازی رامیتوان چنین بیان کردکه‌این خازن هابرحسب ظرفیت خوددرحقیقت تولیدکننده توان راکتیو مورد وارموردنیاز ازمحل نصب آنهابه‌سمت مصرف کننده‌هابوده‌وبه‌این ترتیب ازنیازبه‌تولید وانتقال توان راکتیودرشبکه‌های انتقال وفوق توزیع جلوگیری میکنند • مزایای حاصل ازچنین تاثیـــــری رابشرح زیرمیتوان خلاصه‌کرد که‌برحسب شرایط ونقاط ضعف شبکه‌یك ویاچند مورد ازموارد زیر میتواند انگیزه وعلت لازم برای نصب خازن هاباشد •

۱- کاهش مولفه راکتیوپس فازجریان مداروتهایتا " کاهش جریان مداردرنتیجه‌افزایش‌قابلیت انتقال باراکتیوازخطوط‌وپست ها •

۲- افزایش سطح ولتاژ درمحل نصب خازن هاوبهبود تنظیم ولتاژدرصورتیکه‌واحدهای خازنـــــی رابتوان بنحومناسبی به‌مداروارد وازآن خارج کرد •

۳- کاهش تلفات اکتیوسیستم ودرنتیجه افزایش توان اکتیوقابل تحویل به‌مصرف کننده‌ها •

۴- افزایش ضریب قدرت درمحل نصب خازن هاودرنتیجه افزایش ضریب قدرت ژنراتورهای‌منبع

۵- کاهش بار (کیلوولت آمپر) برروی مدار (خطوط ، پست هاوژنراتورها) بمنظورخارج شـــــدن ازحالت اضافه‌بارویاآزادکردن ظرفیت برای توسعه وافزایش بار •

۶- قابلیت افزایش باراکتیو (کیلووات) برروی ژنراتورهادرصورت وجود ظرفیت لازم بـــــــرای توربین ها •

۷- کاهش دیماند (کیلوولت آمپر) برای توان خریداری شده •

۸- کاهش هزینه‌سرمایه‌گذاری درتاسیسات سیستم برای تامین وتحویل هرکیلووات ازبار•

۲- مبانی ومعیارهای انتخاب

انتخاب محل نصب ، ظرفیت واحدها (UNITS) وظرفیت راکتیوبانك های خازنی تابع یـــــك بررسی فنی واقتصادی براساس ارزش مزایای حاصل ازنصب این خازن هادرمقایسه‌باهزینـــــــه سرمایه‌گذاری موردنیازبرای تهیه، نصب وراه‌اندازی وتعمیرات ونگهداری خازن هاوفیدرهـــای

مربوط به‌آن بوده‌وتازمانی که‌ارزش مزایای حاصل ازنصب خازن هابرابر ویابیشترازهزینه آن باشد ، استفاده‌ازخازن های موازی مقرون به‌صرفه‌میباشد.

۳ـ انتخاب محل درسیستم

ازنظرفنی خازن هادرطول شبکه ویاسیستم فوق توزیع وتوزیع تقریبا " درهرسطح ولتاژی میتوانندمورداستفاده‌قرارگیرند چون باسری کردن یونیت های خازن میتوان به‌سطح ولتاژمورد نیازرسیدوباموازی کردن یونیت هابه‌ظرفیت مکاوارلازم دست یافت . بااینحال عوامل زیرباعث محدودکردن محل نصب وسطح ولتاژمورداستفاده‌برای خازن هامیگردد.

۱) مزایای حاصل ازنصب خازن هابانزدیك ترشدن محل نصب خازن هابه‌محل مصرف ومصرف کننده افزایش میبابد، چون باعث کاهش تلفات وآزادشدن ظرفیت سیستم ازمحل نصب به سمت منبع میگرددوسطح ولتاژرانیزبنحوموثرتری بهبودمیبخشد.

۲) سطح ولتاژکارخازن هادرتعیین قیمت آن هانقش موثروتعیین کننده‌ای داشته‌ویونیت های خازنی باولتاژکارزیر ۶کیلوولت ویابالاتر از۱۵ کیلوولت گرانتربوده‌وبهترین ولتاژکار خازن های موازی ازنظراقتصادی فاصله‌ولتاژ ۶ الی ۱۵ کیلوولت است . به‌این ترتیب با توجه‌به‌نحوه‌اتصال خازن هابه‌شبکه‌بصورت ستاره‌ویامثلث ، عملا " بهترین سطح ولتاژشبکه برای نصب خازن هاازنقطه‌نظرقیمت آنهاسطح ولتاژ ۶ الی ۲۰ کیلوولت میباشد.

جدول صفحه بعد ارقام تقریبی مربوط به‌قیمت بانك هاوفیدرهای خازن رانشان میدهد ونمایشگر این مطلب است‌که‌باصرفه‌ترین سطح ولتاژ نصب خازن هابرروی شبکه توزیع (۲۰کیلوولت) میباشد.

ولتاژ کار خازن (کیلوولت)	ولتاژ شبکه (کیلوولت)	قیمت تقریبی هرکیلووار خازن (دلار)	قیمت تقریبی هرکیلووار فیدر (دلار)	جمع تقریبی هرکیلووار خازن + فیدر (دلار)	توضیحات
۰/۴	۰/۴	۶	۶	۱۲	—
۱۱/۵۵	۲۰	۳/۵	۴	۷/۵	—
۱۸/۱۹	۶۳	۴	۵	۹	درصورت استفاده از ۲ واحد سری برای رسیدن به ولتاژ هر فاز
۱۲/۱۲	۶۳	۳/۵	۵	۸/۵	درصورت استفاده از ۳ واحد سری برای رسیدن به ولتاژ هر فاز

۳) باتوجه به اینکه بانک های خازنی نیزنیازمند تجهیزات سوئیچینگ ، حفاظت وکنترل هستند بنابراین مانندسایر تجهیزات پستها بایستی تحت نگهداری ومراقبت مداوم قرارگیرند. لذااگرچه ازنظرفنی واقتصادی بهترین محل نصب آنهادرانتهای فیدرهای ۲۰ کیلوولت بنظر میرسد ولی به‌این لحاظ تجمع ونصب آنهادرمحل پست های ۶۳/۲۰ کیلوولت وبرروی شینه ۲۰ کیلوولت متداول بوده‌وتوصیه میکردد.

۴- انتخاب ظرفیت هرواحد

نصب خازن هادرپست هانیازبه‌فضای کافی برای استقراربانک های خازنی درداخل ویاخارج ساختمان دارد. این نیازدرهنگام اضافه‌کردن خازن های جدید به‌پست های موجود بامشکلاتی نیزروبرومیباشد ودربعضی موارد محدودیت های ناشی ازکمبود فضای مورد نیازباعث عدم امکان نصب خازن هامیکردد. بنابراین بدیهی است که‌هرچه‌فضای مورد نیاز برای نصب بانک‌های خازنی کوچکترباشد، مطلوب تراست . باتوجه‌به‌استاندارد بودن ابعاد سطح قاعده یونیت های ساخت داخل کشور (۳۴۵×۱۳۵ میلیمتر) ، ازنظرتکنولوژی ساخت ، افزایش ظرفیت هرواحد باعث کاهش ارتفاع نسبی آن درمقایسه‌باظرفیت مربوطه گردیده‌وبهمین ترتیب قیمت ساخت

هرکیلووارازظرفیت خازنی درواحدهای باظرفیت بیشتر، ارزانتربوده‌ودرنتیجه‌واحدهای خازنی سهینه‌ازنظرابعاد وقیمت تمام شده (هرکیلووار) درمحدوده‌ظرفیت ۲۰۰ الی ۲۵۰ کیلووار میباشند. باتوجه‌به‌این مطلب وامکان وجودمحدودیتهایی ازنظرتعدادسازندگان واحدهای خازنی ۲۵۰ کیلوواری ، واحدهای خازنی باظرفیت ۲۰۰ کیلووار انتخاب وتوصیه میگردد.

۵- انتخاب ظرفیت بانك های خازنی

انتخاب ظرفیت راکتیوبانك های خازنی مورد نیازیك پست براساس استفاده‌ازظرفیت قطعی آن طبق رابطه زیرمحاسبه میگردد.

$$Q_C = S \times PF_C \left[tg \left(COS^{-1}(PF)\right) - tg \left(COS^{-1}(PF_C)\right)\right]$$

که‌دراین رابطه :

ظرفیت راکتیوبانك های خازنی مورد نیاز = Q_C

ظرفیت قطعی (MVA) = S

ضریب قدرت پست پس ازنصب خازن = PF_C

ضریب قدرت پارپست قبل ازنصب خازن = PF

باتوجه‌به‌مراتب بالا وانتخاب ظرفیت قطعی ۲۱ مگاولت آمپر برای یك ترانسفورماتور ۳۰ مگاولت آمپری منحنی های دیاگرام شماره ۱ جهت محاسبه ظرفیت بانك های خازنی برای ضرایب قدرت بارمختلف (۰/۵ الی ۰/۹۵) توسط کامپیوترمحاسبه‌وترسیم گردیده‌است .

محل تقاطع هریك ازمنحنی های مذکوربامحورافقی ، ضریب قدرت بارپست راقبل ازنصب خازن (ظرفیت راکتیوخازن برابر صفر) نشان میدهدوبنابراین برای هرمنحنی مقدارظرفیت راکتیو موردنیازبرای رسیدن ازضریب قدرت موجود (قبل ازنصب خازن) به‌ضریب قدرت نهایی (پس ازنصب خازن) رابااستفاده‌ازاین دیاگرام میتوان محاسبه نمود.

همانگونه‌که‌ازمنحنی‌های دیاگرام مذکورمشهوداست ، درفاصله‌ضرایب قدرت ابتدایی ونهایی ۰/۵ الی ۰/۹۵ ، ظرفیت راکتیوخازن مورد نیاز تقریبا" بصورت خطی تغییرمیکندوهرچه به‌سمت ضریب قدرت نهایی یك نزدیك شویم تغییرات ظرفیت راکتیوخازن مورد لزوم غیرخطی ترشده‌بدین معنی که‌برای رسیدن به‌ضرایب قدرت بالای ۰/۹۵ به‌ظرفیت راکتیوخازنی بیستری

درمقایسه باضرایب قدرت پایین ۰/۹۵ نیازمیباشد۰

برای تعیین ظرفیت راکتیوخازن جهت اصلاح ضریب قدرت ، علاوه برظرفیت قطعی پست میبایست ضریب قدرت نهایی موردنیازوضریب قدرت‌فعلی بارپست نیزمشخص گردد۰

باتوجه‌به‌گزارش بررسی خازن های شبکه سراسری که‌توسط دفتربرنامه‌ریزی برق بخش مطالعات فنی سیستم وزارت نیرودرسال ۱۳۶۵ تهیه‌گردیده، ضریب قدرت مطلوب برق‌های منطقه‌ای درسال ۱۳۷۱ معادل ۰/۹۵ پیش بینی گردیده‌است لیکن ضریب قدرت فعلی بسیار پست هابرحسب نوع ومیزان مصرف کننده‌هامتفاوت بوده‌ونتیجتا" ظرفیت خازن موردنیاز نیزمتغیرمیباشد وبرحسب مورد میبایست توسط طراح وبراساس آمارمربوط به‌ضریب قدرت بار موجود محاسبه‌گردد۰ بااینحال اگربخواهیم به لحاظ پیش بینی فضای مورد نیازبرای نصب بانك های خازنی درداخل وباخارج ساختمان ، ظرفیتی رابعنوان ظرفیت نمونه‌بانك های خازنی معرفی کنیم ، میتوان ضریب قدرت بارموجود را۰/۸۵ فرض کرد چون درحال حاضر ازاین ضریب قدرت بعنوان حداقل ضریب قدرت مجازدرتعرفه‌های فروش انرژی به‌مصرف کننده‌های عمده استفاده‌شده‌است ۰

براین اساس منحنی های دیاگرام شماره۲ برای دقت عمل بیشتردرمحاسبه ظرفیت بانك های خازنی برای ظرفیت قطعی ۲۱ مگاولت آمپر وضرایب قدرت بار ۰/۸۵ الی ۰/۹۵ توسط کامپیوتر محاسبه‌وترسیم گردیده‌است ۰

بااستفاده ازمنحنی ضریب قدرت موجود ۰/۸۵ دردیاگرام شماره۲ ، ظرفیت بانك خازنی مورد نیازبرای افزایش ضریب قدرت به۰/۹۵ به‌مقدار ۵/۷ مگاواربدست میآید۰

برای انتخاب ظرفیت نمونه بانك های خازنی ، علاوه برنتیجه‌فوق بایدبه‌نکات زیرنیزتوجه داشت :

۱) انتخاب واستفاده ازواحدهای خازن ۲۰۰کیلوواری

۲) قابلیت تقسیم متعادل کل ظرفیت خازنی برروی سه‌فازوانتخاب حداقل ۲ مرحله برای وارد وخارج کردن خازن هابه‌مدار

۳) ظرفیت بانك های خازنی موجود درپست های ۶۳/۲۰کیلوولت که‌طبق آماروااطلاعات جمع‌آوری شده‌عمدتا" دارای ظرفیت های ۲/۴ و ۲/۷ مگاواراست ۰

باتوجه‌به‌آنچه‌که‌گفته‌شد ظرفیت نمونه‌بانك های خازن متشکل ازواحدهای ۲۰۰کیلوواری با

ولتاژکار ۱۱/۵۵ کیلوولت به‌میزان ۲/۴ × ۲ مگاوار انتخاب وتوصیه میگردد که‌این مبـــــزان خازن ضریب قدرت رااز ۰/۸۵ به‌حدود ۰/۹۴ میرساند بطوریکه باوارد شدن بانـــــــــــــك‌اول (۲/۴ × ۱ مگاوار) به‌مدارضریب قدرت از ۰/۸۵ به‌حدود ۰/۹ (یا ۰/۸۹۶) رسیده وباوارد شدن هردوبانك (۲/۴ × ۲ مگاوار) ضریب قدرت از ۰/۸۵ به‌حدود ۰/۹۴ (یا ۰/۹۳۶) میرسد.

۶- انتخاب تعدادونوع فیدرها

باتوجه‌به‌نتایج حاصل ازبخش ۵ بالا تعدادفیدرهای مورد نیازبرای بانك های خازنی انتخـاب شده‌میتواند ۲ فیدر باشدوهرفیدر باکلید مربوط به‌خود ضمن حفاظت کلی بانك خازن آن رابـــه مدار وارد ویاازمدار خارج کند بااینحال باتوجه‌به‌نکات زیر، انتخاب یك فیدربایك کلیـــــــد برای هردوبانك بهمراه‌دوکلید قطع کننده‌زیرباربرای قطع ووصل جداکانه بانك های خازنـــــی توصیه میگردد.

۱) قیمت یك کلید (CIRCUIT BREAKER) کرانترازقیمت دوکلید قطع کننده‌زیربـــــــــار (LOAD BREAKER SWITCH) است.

۲) هزینه تعمیرات ونگهداری کلیدهای قطع کننده‌زیرباربایین ترازکلید بوده وازسهولـــــت وسادگی بیشتری نیزبرخورداراست.

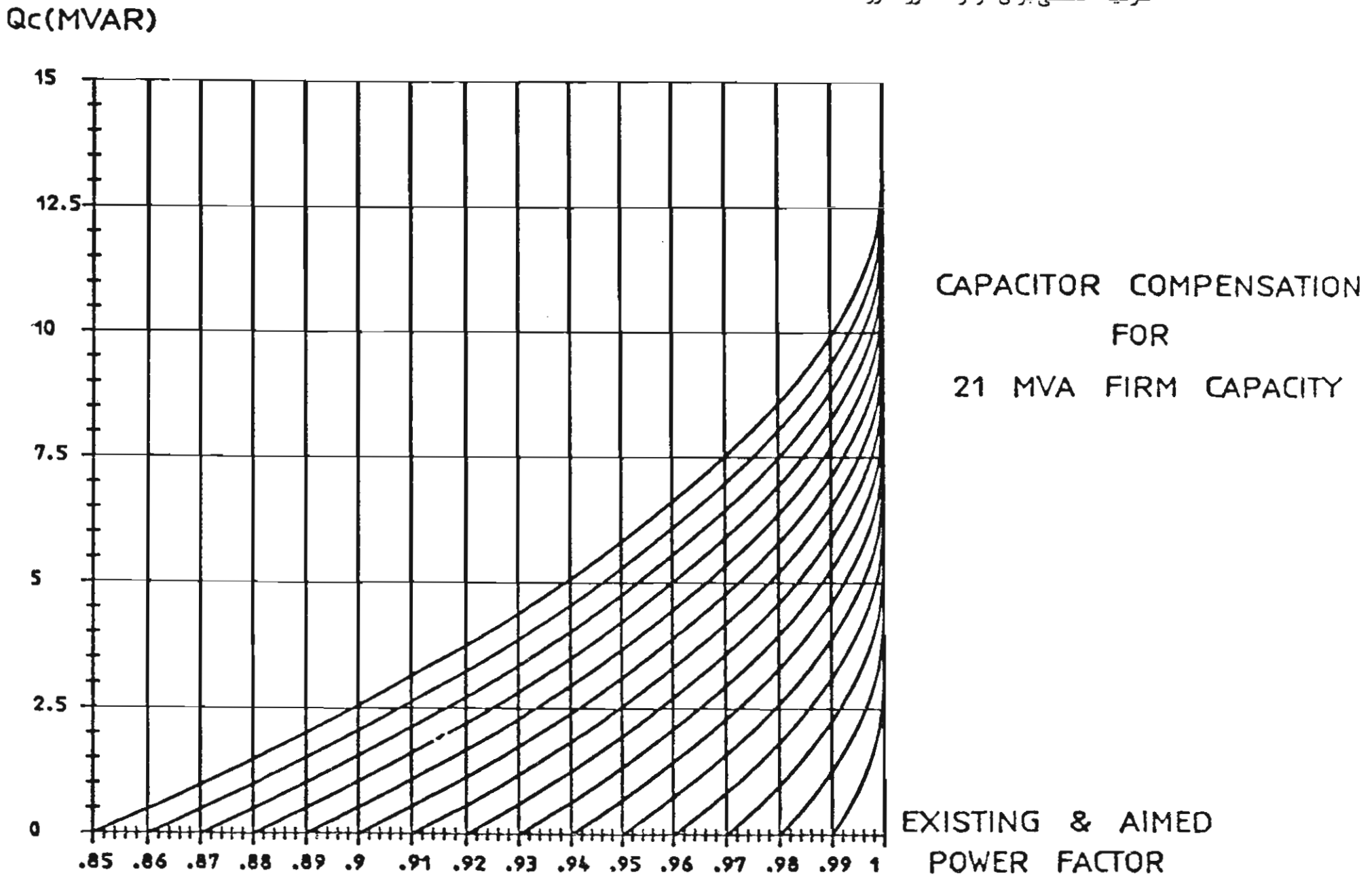
۳) دراکثرموارد انگیزه اصلی برای نصب خازن های موازی اصلاح ضریب قدرت بوده ولـــــذا درصورت قطع هردوبانك خازنی برای مدت کوتاه بعلت بروزخطابرروی یکی ازآنهااشکـــال اساسی درسیستم بوجودنمیآید.

۷- منابـــع

درتهیه‌این گزارش ازکتابهاومقالات زیرنیزاستفاده‌شده‌است.

1. ELECTRIC POWER DISTRIBUTION SYSTEM ENGINEERING (TURAN GONEN)
2. ELECTRICAL TRANSMISSION AND DISTRIBUTION REFERENCE BOOK (CENTRAL STATION ENGINEERS OF THE WESTINGHOUSE ELECTRIC CORPORATION)
3. REACTIVE POWER COMPENSATION (ASEA)

دیاگرام شماره ۲ـ منحنی های تعیین ظرفیت راکتیوبانک های خازن مورد نیازبرای اصلاح ضریب قدرت از ۰/۸۵ تا ۰/۹۵ برمبنای انتخاب ۲۱ مگاولت آمپر ظرفیت قطعی برای هرترانسفورماتور



۴۰۳

دیاگرام شماره ۱ـ منحنی های تعیین ظرفیت راکتیوبانك های خازن مورد نیازبرای اصلاح ضریب قدرت از ۰/۵ تا ۰/۹۵ برمبنای انتخاب ۲۱ مگاولت آمپر
ظرفیت قطعی برای هرترانسفورماتور