بسمه تعالی

جمهوری اسلامی ایران

وزارت نیرو

شرکت سهامی تولید و انتقال نیروی برق ایران

(توانیر)

معاونت تحقیقات و تکنولوژی

دفتر استانداردها

استاندارد خازنهای مورد استفاده در شبکه‌های توزیع

مدفق : مرکز تحقیقات نیرو

آدرس : تهران ـ میدان ونک ـ خیابان شهید عباسپور ـ ساختمان مرکزی

صندوق پستی ۶۴۶۷ ـ ۱۴۱۵۵ تلفن ۲۱۴۲۴۹۶ فاکس : ۸۷۹۷۷۶۷

استاندارد شماره ۱۵

فهرست

فصل اول - کلیات ۱

۱ - حدود ۱

۲ - اهداف ۳

۳ - تعاریف ۳

۴ - طراحی و ساخت ۶

فصل دوم - مشخصات خازن ۷

۵ - توان واحد خازنی ۷

۶ - اضافه بار قابل قبول ۷

۶-۱ - حداکثر ولتاژ قابل قبول ۷

۶-۲ - حداکثر جریان قابل قبول ۷

۷ - پلاک شناسایی خازن ۸

۸ - مشخصات کلی خازن ۹

فصل سوم - آزمایشات خازن ۱۰

۹ - کلیات آزمایش ۱۰

۱۰ - جزئیات آزمایشات ۱۰

۱۰-۱ - اندازه‌گیری کاپاسیتانس خازن (آزمایش معمول) ۱۱

۱۰-۲ - تلفات خازن ۱۲

۱۰-۲-۱ - آزمایش معمول ۱۲

۱۰-۲-۲ - آزمایش نمونه ۱۲

۱۰-۳ - آزمایش پایداری حرارتی (آزمایش نمونه) ۱۳

۱۰-۴ - آزمایشات ولتاژ ۱۳

۱-۲-۱۰ - برای واحدهای خازنی ۱۰
۱-۱-۲-۱۰ - آزمایش ولتاژ بین ترمینالها (آزمایش معمول) ۱۰
۲-۱-۲-۱۰ - آزمایش ولتاژ A.C. بین ترمینالها و محفظه خازن ۱۰
a-۲-۱-۲-۱۰ - آزمایش با سطح خشک (آزمایش معمول) ۱۷
b-۲-۱-۲-۱۰ - آزمایش با سطح خشک (آزمایش نمونه) ۱۷
c-۲-۱-۲-۱۰ - آزمایش با سطح مرطوب(آزمایش نمونه) ۱۷
۳-۱-۲-۱۰ - آزمایش ولتاژ ضربه بین ترمینالها و محفظه خازن (آزمایش نمونه) ۱۷
۴-۱-۲-۱۰ - آزمایش تخلیه خازن (آزمایش نمونه) ۱۸
۵-۱۰ - آزمایش پونتیز اسیون خازن (آزمایش نمونه) ۱۹
۱۱ - سطوح عایقی و ولتاژهای تست بین ترمینال خازن و زمین ۲۱

فصل چهارم - راهنمای نصب و بهره‌برداری خازن ۲۲

۱۲ - کلیات ۲۲
۱۳ - نحوه انتخاب خازن برای نصب در شبکه ۲۲
۱-۱۳ - مبانی و معیارهای انتخاب ۲۲
۲-۱۳ - انتخاب محل نصب خازن در سیستم ۲۳
۳-۱۳ - نحوه اتصال فازها در بانکهای خازنی ۲۰
۴-۱۳ - انتخاب ولتاژنامی خازن ۲۵
۵-۱۳ - انتخاب ظرفیت هر واحد ۲۶
۶-۱۳ - انتخاب ظرفیت بانکهای خازنی شارفوی ۲۷
۷-۱۳ - انتخاب ظرفیت خازنهای شارمنید ۳۰
۱۴ - نحوه انتخاب خازنها توسط مشترکین ۳۰

۱۵ - نصب خازنهای فشارضعیف ۳۰
۱۶ - نصب خازنهای فشارقوی ۳۰
۱۷ - دمای کارخازن ۳۰
۱۸ - شرایط ویژه ۳۰
۱۹ - اضافه ولتاژها ۳۵
۲۰ - جریانهای اضافه‌بار ۳۷
۲۱ - انتخاب سطح عایقی ۳۸
۲۲ - ابزارهای کلیدزنی و حفاظتی و کنترلی وبنحوه استعمال آنها ۳۹
۲۲-۱ - کلیات ۳۹
۲۲-۲ - وسیله تخلیه خازن ۴۱
۲۲-۳ - کلیدزنی و حفاظت خازنهای فشارضعیف ۴۲
۲۲-۴ - روشهای کنترل اتوماتیک خازنهای فشارضعیف ۴۳
۲۲-۵ - تجهیزات کلیدزنی برای خازنهای‌فشارقوی ۴۳
۲۲-۶ - مشخصات فنی کلیدهای فشارقوی برای کنترل خازنها ۴۶
۲۲-۶-۱ - حدود جریان برای کاردائم ۴۶
۲۲-۶-۲ - جریان قطع ۴۶
۲۲-۶-۳ - جریان گذرا ۴۶
۲۲-۶-۴ - جرقه‌زنی (re-striking) کلیدهادربارهای خازنی ۴۷
۲۲-۷ - جریانهای هجومی گذرا در شارژ خازن ۴۸
۲۲-۸ - تجهیزات و رله‌های پیشنهادی جهت استفاده‌درحفاظت و کنترل بانکهای خازنی فشارقوی ۵۱
۲۲-۹ - کنترل‌اتوماتیک بانکهای خازنی فشارقوی ۵۱
۲۲-۱۰ - حفاظت خازنهای فشارقوی ۵۲
۲۳ - تعمیر و نگهداری خازنهای فشارقوی ۵۳

فصل پنجم - بسته‌بندی ، حمل و انبارکردن ۵۵

فصل ششم - مشخصات خازن و تجهیزات متفرقه ۵۷

جدول I - مشخصات سیستم (توسط خریدار آماده میگردد) ۵۸

جدول II - شرایط محیطی خازن (توسط خریدار آماده میگردد) ۵۹

جدول III - مشخصات فنی واحد خازنی (unit) (توسط خریدار آماده میگردد) ۶۰

جدول IV - مشخصات فنی بانک خازنی (توسط خریدار آماده آماده میگردد) ۶۳

جدول V - تجهیزات حفاظتی، کنسیدزنی و کنترلی (توسط خریدار آماده میگردد) ۶۳

جدول VI - مشخصات فنی واحد خازنی (توسط سازنده یا پیمانکار تهیه میگردد) ۶۴

جدول VII - مشخصات فنی بانک خازنی (توسط سازنده یا پیمانکار تهیه میگردد) ۶۵

جدول VIII - تجهیزات حفاظتی، کنسیدزنی و کنترلی (توسط سازنده یا پیمانکار تهیه میگردد) ۶۶

ضمیمه A - اطلاعات مربوط به اندازه‌گیری یونیزاسیون خازن ۶۷

ضمیمه B - محاسبه توان یک خازن به فاز با استفاده از کاپاسیتانس اندازه‌گیری شده به خازن تکفاز ۶۸

ضمیمه C - جدول انتخاب ظرفیت بانکهای خازنی ۷۰

مراجع

فصل اول ـ کلیات

۱ـ حدود

۱ـ۱ـ این توصیه‌نامه برای یک واحد خازنی ویا مجموعه‌ای از واحدهای خازنی، وبرای اتصال به سیستمهای قدرت متناوب با فرکانس نامی ۵۰ هرتز وولتاژهای نامی ۱۱ و ۲۰ و ۳۳ کیلوولت و نیز سیستم فشار ضعیف بکار می رود. این خازنها، بصورت ثابت وجهت تصحیح ضریب توان به سیستم متصل گردیده و برای کار در فضای آزاد ویامحیط های سربسته مورد استفاده میباشند.

۱ـ۲ـ این توصیه نامه براساس استاندارد IEC-70, 70A و مراجع لیست شده در استاندارد مذکور تهیه گردیده است .

۱ـ۳ـ این توصیه نامه برای خازنهائی که جهت کار در دمای بین ۴۰- تا +۵۰ درجه سانتیگراد نصب می گردند، بکار می رود.

بهمین منظور ، خازنها ازنظر دمای کاردسته بندی گردیده‌اند و هردسته ، توسط یک حداقل دما ویک حداکثر دما که امکان کارخازن در آن دماها وجود داشته باشد، مشخص می گردد. طبق استاندارد IEC-70,70A، برای حداقل دما سه مقدار ۴۰- و ۲۵- و ۱۰- درجه سانتیگراد انتخاب گردیده است و حداکثر دما نیز باتوجه به جدول زیر تعیین میگردد:

حداکثر دمای محیط به درجه سانتیگراد			حد بالا برای گروه منتخب دمای خازن به درجه سانتیگراد
متوسط دما در یکسال	متوسط دما در ۲۴ ساعت	متوسط دما در ۱ ساعت	
۲۰	۳۰	۴۰	۴۰
۳۰	۴۰	۴۵	۴۵
۳۵	۴۵	۵۰	۵۰

IEC-70,70A حدود دمای کار خازن را درچهار گروه زیر استاندارد کرده است .

$+40^{\circ}C$ / $+20^{\circ}C$ و $-25/-40^{\circ}C$ و $-40/-50^{\circ}C$ و $-45/-60^{\circ}C$

باتوجه به شرایط محیطی کار خازن، تا حد امکان می بایست از حدود استاندارد شده دما استفاده گردد. ولی اگر بعلت شرایط خاص محیطی، امکان انتخاب حدود استاندارد دما وجود نداشته باشد در آنصورت می بایست حدود دمای کار خازن باتوجه به بخش (۱۷) این توصیه نامه تعیین گردد.

توجه ۱ـ تعریف دمای محیط ودمای هوای خنک کننده دربخش (۱۴ـ۱۳) و (۱۵ـ۱۳) آورده شده اند.

توجه ۲ـ در دماهایی پائینتر از حداقل دمای تعیین شده، از شارژ خازن اجتناب میگردد.

۴ـ۱ـ ایـــــن توصیه نامه برای خازنهایی که جهت نصب درمحلهای تا ارتـــفاع ۱۰۰۰ متر استفاده می گردند، تهیه شده است .

بـــــرای خازنهایی که در ارتفاع بیشتر از ۱۰۰۰ مـــــتر ازسطح دریـــــا نصـــب می گردند، می بایست ولتاژهای آزمایشهای مربوط به عایق خارجی ، برابربامقادیر مشخص شده دراین توصیه نامه تقسیم برضریب ارتـــفاع مربوطه باشند.

$$K = \frac{1}{1+1.25 \times 10^{-4}(H-1000)}$$

K = ضریب ارتفاع

H = ارتفاع از سطح دریا به متر

برای نصب خازن در ارتفاع بیشتر از ۱۰۰۰ متر، بغیر ازتصحیح بـــالا، تـــصحیح دیگری لازم نبوده وسایر مطالب این توصیه نامه صادق می باشند.

۲ـ اهداف

هدف از تدوین این توصیه نامه عبارتست از :

a) تعیین قوانینی جهت کار مطمئن وسالم خازن

b) تعیین قوانینی درمورد آزمایشات خازن وهمچنین ، پتانسیل و حدود پارامترهای مورد لزوم برای خازن

c) تعیین قوانینی جهت نصب وبهره‌برداری از خازن

d) تعیین قوانینی درمورد بسته‌بندی ، حمل وانبار کردن خازن

e) تعیین مشخصات فنی خازن جهت انتخاب و خرید مناسب آن

۳ـ تعاریف

تعاریف تعدادی ازعبارات بکار رفته دراین توصیه نامه بشرح زیرمی باشند:

۱ـ۳ـ عنصرخازنی

یک جزء غیر قابل تقسیم بوده که از الکترودهای جدا شده توسط دی الکتریک تشکیل می گردد.

۲ـ۳ـ واحد خازنی

مجموعه‌ای ازیک یا تعدادی عنصرخازنی که دریک محفظه باترمینالهای در دسترس ، قرارگرفته باشند.

۳ـ۳ـ بانک خازنی

گروهی از واحدهای خازنی که بصورت الکتریکی بهم متصل شده باشند، بطور مثال مانند یک بانک خازنی سه فاز که ازسه واحد خازنی تکفاز تشکیل شده است .

۴ـ۳ـ تجهیزات خازن

مجموعه‌ای از واحدهای خازنی وابزار جانبی مناسب برای اتصال به شبکه.

۵ـ۳ـ وسیله تخلیه خازن

وسیله‌ای که مابین ترمینالهای خازن ویا بین بارها ویا درداخل واحد

خازنی قرارداده میشود تا درموقع قطع اتصال خازن ازمنبع، بار ذخیره شده درداخل خازن ازطریق این وسیله، تخلیه گردیده تا ولتاژ خازن به صفر برسد.

۶-۳- ترمینالهای خط

ترمینالهای خازن که به خطوط متصل می گردند. در خازنهای چند فازه، ترمینالی که به خط نول یازمین متصل می گردد جزو ترمینالهای خط محسوب نمی گردد.

۷-۳- ولتاژ نامی U_n

مقدار r.m.s ولتاژی که بین ترمینالهای خازن برقرارمیگردد. برای خازنهائی که شامل یک یاچندین مدار مجزا باشند مانند واحدهای تک فاز که درسیستم سه فاز استفاده میگردند)، U_n مربوط به ولتاژ نامی هرمدار می باشد.

برای خازنهای چند فاز با اتصالات الکتریکی داخلی بین فازها، U_n مربوط به ترمینالهای خطی بوده که مابین آنها بیشترین مقدار ولتاژ پدید می آید.

۸-۳- سطح عایقی U_i

برای یک واحد خازنی، سطح عایقی عبارتست از ولتاژ ضربه بافرکانس مشخصی که در موقع انجام آزمایش، عایق بین ترمینالهای خط ومحفظه واحد خازنی بتواند آن ولتاژ راتحمل بکند.

برای یک بانک خازنی ، سطح عایقی عبارتست از ولتاژ ضربه بافرکانس مشخصی که در موقع انجام آزمایش ، عایق بین ترمینالهای خط مربوط به بانک خازنی وقسمتهای فلزی که به زمین متصل می باشند، بتواند آن ولتاژ راتحمل بکند.

۹-۳- خروجی نامی

توان راکتیوی که درولتاژ وفرکانس نامی برای خازن منظور گردیده است .

۱۰-۳- جریان نامی

جریان r.m.s. تیوری از یک ترمینال خط ، در ولتاژ، فرکانس وخروجی نامی.

۱۱-۳- تلفات خازن

توان اکتیوی که توسط خازن مصرف می گردد.

۱۲-۳- تانژانت زاویه تلفات (tan δ)

تلفات خازن تقسیم برتوان راکتیو خروجی خازن

۱۳-۳- حداکثر ولتاژ سیستم U_m

حداکثر r.m.s. ولتاژ خط به خط که، خازن درمواقع کارعادی خود ، بتواند در هرزمان وهر نقطه ازسیستم تحمل نماید . این، شامل تغییرات مسوقت، ناشی از بروز خطا یاقطع بارهای بزرگ نمی گردد.

۱۴-۳- دمای هوای محیط

دمای هوا درمحل نصب خازن .

۱۵-۳- دمای هوای خنک کننده

دمای هوای خنک کننده‌ای که در گرمترین نقطه از یک بانک خازنی اندازه‌گیری می شود. این نقطه، دروسط دو واحد خازنی قراردارد. اگر فقط از یک واحد خازنی استفاده شده باشد، در اینصورت دمای اندازه‌گیری شده، درنقطه‌ای بفاصله حدودا" ۲۰ سانتیمتری ازمحفظه خازن و درارتفاعی به اندازه، $\frac{2}{3}$ قد خازن بالاتر از کف خازن، خواهد بود.

۱۶-۳- دمای افزایش یافته ناشی ازمحفظه خازن

اختلاف بین دمای گرمترین نقطه محفظه خازن ودمای هوای خنک کننده .

۱۷-۳- دمای استاندارد آزمایش

حدود دمای استاندارد محیط برای انجام آزمایش ، بین ۱۵ تا ۲۵ درجه سانتیگراد میباشد. ودرصورتی که تصحیحی لازم باشد، دمای مرجع ، ۲۰ درجه سانتیگراد منظور گردد.

۴- طراحی وساخت

۴-۱- خازنهای مورد استفاده می بایست تا حداکثر ۵۰ درصد نیروی نامی جریان تلفات را داشته باشند. بدین منظور توصیه می گردد که از خازنهای بادی الکتریک فیلم پلاستیکی یا OPP (Oriented Polypropylene film) وانباشته از یکی از روغنهای MIPB استفاده گردد.

۴-۲- خازنهای مورد نظر میبایست برای کارنامی ، تحت شرایط کار مشخص شده مناسب باشند.

۴-۳- تمام اتصالات می بایست به شکل غیرقابل نفوذی با موادی که تحت شرایط کاری، فساد ناپذیر باشند آب بندی شوند.

۴-۴- خازن ومتعلقات نصب مربوطه میبایست طوری طراحی شوند که بتوانند در مقابل بار ناشی از باد، نیروهای کشش روی ترمینالها، بعلاوه نیروهای ناشی اززلزله ایستادگی نمایند. مقادیر مربوطه در جدول II مشخص گردیده اند.

۴-۵- محفظه فلزی خازن وهمچنین کلیه اجزاء فلزی که درمعرض هوا قراردارند (مانند ترمینالها، پیچها، مهره‌ها، واشرها وغیره)، می بایست در برابر زنگ زدگی ، خوردگی و دیگر عوامل فساد، مقاوم باشند.

۴-۶- در طراحی محفظه فلزی خازن، بایستی وسیله مناسبی جهت اتصال الکتریکی مطمئن بدنه خازن تعبیه گردد تا بدینوسیله بتوان پتانسیل محفظه خازن رادرمقدار ثابتی قرارداد.

۴-۷- در طراحی محفظه فلزی خازن ، باتوجه به طریقه نصب خازن، پیش بینی های لازم جهت نصب مطمئن خازن انجام گیرد.

۴-۸- جهت طراحی وساخت خازن ، بجز مواردیکه، می بایست کلیه شرایط ومشخصات ذکر شده در دیگر فصول این توصیه نامه نیز رعایت گردد.

فصل دوم ـ مشخصات خازن

۵ـ توان واحد خازنی

۱ـ۵ـ واحدهای خازنی که برای ولتاژهای ۱۱ و ۲۰ و ۳۳ کیلوولت بکار می روند می‌توانند درسه اندازه ۱۰۰ و ۱۵۰ و ۲۰۰ کیلوواری باشند.

۲ـ۵ـ توان واحدهای خازنی برای فشار ضعیف، باتوجه به میزان خازن مورد نیاز، و همچنین تعداد پله های خازنی جهت کلید زنی اتوماتیک تعیین گردیده وسپس، باتوجه به اندازه واحدهای خازنی که توسط سازندگان تولید می شود، خازن مناسب انتخاب می گردد. (به بخش (۷ـ۱۲) مراجعه شود) .

۶ـ اضافه بار قابل قبول

۱ـ۶ـ *حداکثر ولتاژ قابل قبول* :

واحدهای خازنی می بایست برای کار طولانی ، در ولتاژی که مقدار r.m.s. آن از ۱/۱۰ برابر ولتاژ نامی تجاوز ننماید مناسب باشند. البته، مقادیر ولتاژ درحالات گذرا جدای از این بحث می باشند.

۲ـ۶ـ *حداکثر جریان قابل قبول*

جریان خط برای واحدهای خازنی در حالت کاردائم (باستثنا جریانهای حالات گذرا) ، باید طوری باشد که مقدار r.m.s. آن از ۱/۳۰ برابر جریان نامی خازن (جریانی که باولتاژ سینوسی نامی وفرکانس نامی کشیده می شود) بیشتر نگردد.

۷ـ پلاک شناسائی خازن

۱ـ۷ـ هرواحد خازنی می بایست به پلاک شناسائی ازجنس فولاد ضد زنگ ، یا دیگر مواد معادل ضد آب وضد فساد مجهز گردد ودریک وضعیت قابل رویت اطلاعات زیر رانشان دهد. پلاک مشخصات می بایست بصورت حکاکی ، گراورسازی یادیگر روشهای تائید شده ساخته شود.

۱ـ نام سازنده خازن

۲ـ شماره شناسائی خازن

۳ـ توان نامی به KVAR

۴ـ ولتاژ نامی U_n به ولت یاکیلو ولت

۵ـ فرکانس نامی به هرتز

۶ـ حدود مجاز دما

۷ـ سطح عایقی

۸ـ ارتفاع محل نصب از سطح دریا

۹ـ کاپاسیتانس اندازه‌گیری شده (در ولتاژ و فرکانس نامی)

۱۰ـ جریان اندازه‌گیری شده (در ولتاژ و فرکانس نامی) به آمپر

۱۱ـ نوع اتصال برای خازنهای سه فاز

۱۲ـ وسیله مورد استفاده جهت تخلیه خازن (درصورتیکه درداخل خازن بکاررفته باشد).

۱۳ـ اطلاعات اضافی دیگری که برای حفاظت افراد وتجهیزات مهم باشند، می بایستی در پلاک شناسائی یابرگه راهنمای خازن داده شوند. درصورتیکه این اطلاعات در برگه راهنمای خازن داده شده باشد، می بایست در پلاک شناسائی ، به آن برگه اشاره شده باشد.

۲ـ۷ـ درخازنهای سه فاز، نوع اتصال فازها بهم باید به یکی ازصورتهای زیر نشان داده شود:

مثلث = Δ

ستاره = Y

ستاره با مرکز در دسترس = $\curlyvee$

سه فاز که اتصال داخلی بهم ندارند = |||

برای واحدهای خازنی سه فاز، توان خروجی ، باید بصورت مجموع توان سه فاز داده شود.

۳-۷- سطح عایقی باید بوسیله دو عدد که توسط یک خط ازهم جدا شده‌اند، نشان داده شود. اولین عدد مقدار r.m.s. ولتاژ برای آزمایش ولتاژ ac به کیلوولت ودومین عدد، ماکزیمم مقدار ولتاژ برای آزمایش ضربه به کیلوولت می باشند (برای مثال 28/75). برای واحدهایی که در محیط رو باز نصب نمی شوند، عدد دوم لازم نبوده وبایک خط تیره نشان داده شود (برای مثال -/28).

۴- مشخصات کلی خازن

با درنظر گرفتن موارد بالا وسایر نکات لازم ، شرایط کارخازن وهمچنین مشخصات فنی آن ، برای سطح ولتاژهای مختلف در فصل ششم معین گردیده‌اند.

فصل سوم - آزمایشات خازن

۱- کلیات آزمایش

۱-۱- آزمایشهای خازن به دونوع زیرمی باشند :

a) آزمایشات معمول (Routine tests) :

- اندازه‌گیری کاپاسیتانس
- تعیین تلفات خازن
- آزمایش ولتاژ ac یا dc بین ترمینالهای خازن
- آزمایش ولتاژ ac بین ترمینالها ومحفظه فلزی خازن (آزمایش باسطوح خشک)
- آزمایش بین ترمینالهای خازن وزمین برای بانکهای خازنی

b) آزمایشات نمونه (Type tests) :

- تلفات خازن در دمای بالا
- آزمایش پایداری حرارتی
- آزمایش ولتاژ ac با سطوح خشک بین ترمینالهای خازن ومحفظه فلزی (برای خازنهائی که درمحیط روباز نصب میشوند بایستی این آزمایش هم باسطوح خشک وهم باسطوح مرطوب انجام بگیرد)
- برای خازنهایی که درمحیط رو باز نصب می شوند، آزمایش ولتاژ ضربه بین ترمینالهای خازن ومحفظه فلزی آن انجام گیرد.
- آزمایش تخلیه خازن
- آزمایش یونیزاسیون خازن

۱-۲- آزمایشات معمول ، برای هر خازن ، بعد از تکمیل شدن در کارخانه انجام میگیرد.

۱-۳- آزمایشات نمونه ، جهت تائید درستی طراحی خازن و مطابقت آن در عمل

با کلیه مشخصات ذکر شده دراینجا، می باشد.

آزمایشات نمونه، بایستی توسط کارخانه سازنده وقبل ازتحویل خازنها انجام گرفته و نتایج حاصل ازآزمایش نیز باجزئیات کامل وبصورت یک گواهی نامه به خریدار داده شود. این آزمایشات می بایست برروی یک خازن نمونه که ازبین یک سری ازخازنها با مشخصات یکسان انتخاب شده باشد، انجام گیرد.

همه آزمایشات نمونه یابعضی از آنها می توانند درهنگام نصب، توسط سازنده، تکرارگردندکه این موضوع می بایست در قرارداد بین خریدار وسازنده قید گردد. همچنین تعداد خازنهای نمونه برداری شده جهت تکرار این آزمایشات نیز در قرارداد مزبور مشخص میگردد.

۴-۹- هرخازن نمونه‌برداری شده جهت انجام آزمایش نمونه، باید قبلا" کلیه آزمایشات معمول رابطور رضایتبخشی تحمل کرده باشد. البته ضروری نیست که، کلیه آزمایشات نمونه حتما" برروی یک خازن انجام گیرد بلکه می تواند تعدادی خازن یکسان انتخاب گردیده واین آزمایشات برروی آنها انجام شود.

۱۰ - جزئیات آزمایشات

۱-۱۰- اندازه‌گیری کاپاسیتانس خازن (آزمایش معمول)

۱-۱-۱۰- کاپاسیتانس خازن می بایست در محدوده دمای استاندارد برای آزمایش (مراجعه شود به تعریف دمای استاندارد دربخش ۱۷-۳) وبااستفاده از روشی که در آن، خطای ناشی از هارمونیکهاو ناشی ازوجود المانهایی مانند مقاومتها، سلفها ویامدارهای الکتریکی دیگر وارد نگردد، اندازه‌گیری شود.

این آزمایش درولتاژ وفرکانس نامی انجام شود.

۲-۱-۱۰- توان خازن (که بااستفاده از کاپاسیتانس اندازه‌گیری شده،

ولتاژ نامی وفرکانس نامی محاسبه می شود، نباید بتوان
نامی آن بیشتر ازمقدار زیرتفاوت داشته باشد:

۵- با ۱۰+% برای واحدهای خازنی

۵- با ۱۰+% برای بانکهای خازنی

توجه - فرمولی برای محاسبه توان خازن سه فاز با استفاده از کاپاسیتانس اندازه‌گیری شده خازن تک فاز در ضمیمه B آمده است.

۲-۱-۱۰- در یک واحد خازنی سه فاز، نسبت بین بزرگترین وکوچکترین مقادیر کاپاسیتانسی که بین ترمینالهای هر دو فاز از خازن اندازه‌گیری می شود، نباید از ۱/۰۶ برای خازنهای با ولتاژ نامی بالاتر از ۶۶۰ ولت و ۱/۰۸ برای خازنهای باولتاژ نامی ۶۶۰ ولت یاکمتر، تجاوز کند.

۲-۱۰- تلفات خازن

۱-۲-۱۰- آزمایش معمول :

در آزمایش معمول، هدف از انجام این اندازه‌گیری ، کنترل یکنواختی محصولات تولیدی می باشد. دراین آزمایش ، تانژانت زاویه تلفات می بایست در محدوده دمای استانداردتست (بخش ۱۷-۳) و در ولتاژ و فرکانس نامی اندازه‌گیری شود.

۲-۲-۱۰- آزمایش نمونه :

در آزمایش نمونه، تانژانت زاویه تلفات می بایست در دوحالت اندازه‌گیری شود، یکی مانند آزمایش معمول ودیگری باولتاژ وفرکانس نامی خازن و دردمای ثابت ۲ ± ۷۵ درجه سانتیگراد.

دراین آزمایش دوم، خازن می بایست فقط در زمان اندازه‌گیری وبرای مدت زمانی هرچه کوتاهتر که ممکن باشد، شارژ گردد.

مقدار تانژانت زاویه تلفات که دراین آزمایش دوم اندازه‌گیری می شود ، نباید ازمقدار تعیین شده در کاتالوگ سازنده

خازن و یا ازمقدار مشخص شده درقرارداد تجاوز نماید.

درصورتیکه اندازه‌گیری دردمای ۷۵ درجه سانتیگراد ، نتواند انجام پذیرد در آنصورت با تطبیق خریدار و سازنده، میتوان این آزمایش ، با اندازه‌گیری تانژانت زاویه تلفات در انتهای آزمایش پایداری حرارتی جایگزین کرد.

توجه ـ درصورتیکه قرارداد، در مورد نوعی ازخازن باشد که قبلاً مورد تائید قرارگرفته باشد ، در آنصورت آزمایش زاویه تلفات در ۷۵ درجه سانتیگراد، که دراین بخش تعریف شده است ، می تواند برای کنترل ثابت بودن مشخصات خازن تولیدی مورد استفاده قرارگیرد واگر نتیجه بدست آمده ، تفاوت قابل ملاحظه‌ای با نتایج نمونه اصلی نداشته باشد در آنصورت می تواند آزمایش پایداری حرارتی تکراری حذف گردد مگر آنکه توسط خریدار برانجام آن تصریح شده باشد.

۳ـ۱۰ـ آزمایش پایداری حرارتی (آزمایش نمونه)

۱ـ۳ـ۱۰ـ این آزمایش برای اطمینان از پایداری حرارتی خازن ، درشرایط اضافه باری طولانی ودر محدوده مشخص شده دربخش ۶ انجام می گیرد.

توجه ـ توصیه می گردد که خازن منتخب برای این تست ، تا آنجا که ممکن است توانی برابر باتوان نامی خازن داشته باشد .

۲ـ۳ـ۱۰ـ خازن میبایست در محیطی ، باشرایط خنک شوندگی طبیعی قرارداده شود. دراین محیط ، دمای هوای خنک کننده ، باتوجه به حد بالای محدوده دمای انتخاب شده برای خازن ، تعیین می گردد.

مقادیر این دما طبق جدول زیر می باشد:

دمای هوای خنک کننده در محیط آزمایش C°	حداکثر درمحدوده دمای منتخب برای کارخازن C°
۴۵	۴۰
۵۰	۴۵
۵۵	۵۰

درطی آزمایش ، دمای هوای خنک کننده می بایست بوسیله یک دماسنج اندازه‌گیری شود و ازآنجاکه دمای خازن کمتر از دمای محیط می باشد لذا رسیدن دمای آن به دمای محیط ، با ثابت زمانی حدود یک ساعت انجام میگیرد. درتمام طول آزمایش ، اختلاف بین دمای هوای اندازه گیری شده بادمای معین شده درجدول بالا، نبایست از ۲ درجه سانتیگراد تجاوز نماید.

۲-۳-۱۰- بعد ازرسیدن دمای تمام قسمتهای خازن به دمای هنوای خنک کننده ، می بایست خازن برای مدت زمان ۴۸ ساعت به یک ولتاژ سینوسی بافرکانس نامی متصل شود. دامنه این ولتاژ به اندازه‌ای انتخاب گردد تاتوان خازن برابر با ۱/۴۴ توان نامی آن باشد.

درطی ۱۰ ساعت آخر، تانژانت زاویه تلفات وهمچنین دمای محفظه خازن (که درحول وحوش ماکزیمم مقدار محدوده انتخاب شده برای کار خازن قراردارد) ، می بایست هر ۲ ساعت یکبار اندازه‌گیری شوند. درتمام این فاصله زمانی ۱۰ ساعته ،

تانژانت‌زاویه تلفات وهمچنین افزایش دمای محفظه خازن ، نباید بیشتر ازمیزان حساسیت ابزارهای اندازه‌گیری تغییر نماید. این مقدار تغییرات ، نباید بیشتر از 10^{-4} ± برای tanδ و ۰/۵ °C ± برای اندازه‌گیری دما باشد. درصورتیکه تغییرات بزرگتری مشاهده گردد، در آنصورت آزمایش باید ادامه پیدا کند تاجائیکه یابه حالت پایدار برسد یاشکستی رخ بدهد.

توجه ۱ ـ ولتاژی که برای رسیدن به توانی برابر با ۱/۴۴ توان نامی خازن بکار می رود عبارتست از :

$$U_{test} = 1.2\, U_n \sqrt{\frac{C_n}{C_{test}}}$$

که درآن :

C_n = کاپاسیتانس مربوط به توان نامی

C_{test} = کاپاسیتانس اندازه‌گیری شده برای خازن تست شونده

توجه ۲ـ جهت کنترل اینکه چگونه این شرایط برآورده شده‌اند، می بایست نوسانات ولتاژ، فرکانس ودمای هوای خنک کننده در طی آزمایش ، درگزارش مربوطه آورده شوند . بهمین خاطر توصیه می گردد که منحنی این پارامترها وهمچنین منحنی تانژانت زاویه تلفات یاتغییرات دما بصورت تابعی اززمان رسم گردند.

توجه ۳ـ آخرین اندازه‌گیری زاویه تلفات می تواند جایگزین آزمایش نمونه درمورد تعیین تلفات خازن گردد (رجوع شود به پاراگراف آخر ازآزمایش مذکور)

توجه ۴ـ آزمایش بادیگر فرکانسها، بشرطی که اختلاف آن بافرکانس نامی بیشتراز ۲۰٪ نگردد، باتوافق بین خریدار وسازنده مجاز می باشد . همچنین می توانند باتوجه به میزان تغییر فرکانس ، درمقدار ولتاژ ودمای آزمایش تجدید نظر مناسبی انجام بدهند.

۴-۳-۱-۱- میزان کاپاسیتانس خازن می بایست قبل ، و بعد از آزمایش درمحدوده استاندارد تعیین شده برای دما اندازگیری گردد. اختلاف دمای خازن برای دو اندازگیری نباید بیش از ۵ درجه سانتیگراد باشد. میزان تغییر کاپاسیتانس نیز در دواندازگیری فوق نباید بیش از ۳٪ باشد.

۴-۱-۱- آزمایشات ولتاژ

۱-۴-۱-۱- برای واحدهای خازنی

۱-۱-۴-۱-۱- آزمایش ولتاژ بین ترمینالها (آزمایش معمول)

هرخازن می بایست بمدت ۱۰ ثانیه تحت یکی ازآزمایشهای a یا b که درزیرتوضیح داده شده، قرارگیرد. اگر قبلا" توافقی در نوع آزمایش صورت نگرفته باشد درآنصورت انتخاب آزمایش باسازنده خازن می باشد.

آزمایش a) یک آزمایش d.c، که ولتاژ آزمایش برابر مقدار زیرانتخاب گردد:

$$U_t = 4.3\ U_0$$

توجه ـ جریانهای شارژ ودشارژ خازن در مقدار ۱۰ برابر جریان نامی محدود گردد.

مدت زمان ۱۰ ثانیه از لحظه‌ای حساب می گردد که مقدار ولتاژ به میزان تعیین شده برای آزمایش برسد.

آزمایش b) یک آزمایش a.c، که ولتاژ آزمایش برابر مقدار زیرانتخاب گردد:

$$U_t = 2.15\ U_0$$

U_0 ولتاژ موثر بین ترمینالهای خازن می باشد که درموقع آزمایش ، در هرنیم خازنی، فشاری روی دی الکتریک آن ایجاد می کند که، درحالت کارعادی ، ولتاژ نامی همین فشار را ایجادمیکند.

آزمایش a.c می بایست بایک ولتاژ سینوسی بافرکانس بین ۱۵ تا ۱۰۰ هرتز وترجیحا" بافرکانس هرچه نزدیکتر به فرکانس نامی انجام بگیرد.

۲-۱-۴-۱۰- آزمایش ولتاژ A.C. بین ترمینالها ومحفظه خازن

a) آزمایش باسطح خشک (آزمایش معمول)

ترمینالهای خازن رابهم وصل کرده وسپس بمدت ۱۰ ثانیه، ولتاژ تست، بین ترمینالها ومحفظه خازن قرارداده شود.

ولتاژ تست می بایست یک ولتاژ ac بافرکانس ۱۵ الی ۱۰۰ هرتز بوده ودامنه آن باتوجه به سطح عایقی واحدهای خازنی انتخاب می گردد (به جدول بخش ۱۱ مراجعه شود)

b) آزمایش باسطح خشک (آزمایش نمونه)

همانند آزمایش a-۲-۱-۴-۱۰ بوده، فقط مدت زمان آزمایش از ۱۰ ثانیه به یک دقیقه افزایش می یابد.

c) آزمایش باسطح مرطوب (آزمایش نمونه)

واحدهای خازنی که در محیط روباز نصب می گردند، همان آزمایش b-۲-۱-۴-۱۰ روی آنها انجام گرفته فقط بایستی شرایط بارانی رابطور مصنوعی برای آزمایش ایجادکرد. نحوه ایجاد شرایط بارانی وطریقه آزمایش، بر طبق استاندارد IEC 60 (روشهای آزمایش در فشارقوی) تعیین می گردد.

۲-۱-۴-۱۰- آزمایش ولتاژ ضربه بین ترمینالها ومحفظه خازن (آزمایش نمونه)

برای واحدهای خازنی که ضدترمینالهای آنها ازجنس خازن عایق شده باشند، باید قبل ازانجام آزمایش 55 (بخش ۲-۱-۴-۱۰) ، آزمایش ضربه انجام بگیرد.

تست ضربه بایستی با استفاده از موج ضربه 1.2/50 μs (طبق تعریف IEC 60) انجام بگیرد و مقدار قله این موج برابر با سطح عایقی واحد خازنی (جدول بخش ۱) انتخاب می گردد.

رخ ندادن شکست در طی آزمایش می بایست با استفاده از یک اسیلوگراف یا لامپ کاتدیک ، که برای ضبط ولتاژ وکنترل شکل موج بکار می آید، بررسی گردد. نحوه آزمایش بدینطریق بوده که ابتدا ترمینالهای خازن به یکدیگرمتصل شده و سپس ولتاژ ضربه بین ترمینالها ومحفظه خازن اعمال میگردد. این عمل می بایست برای هرکدام از پلاریته‌های مثبت ومنفی، به تعداد ۵ بار انجام پذیرد.

درصورتیکه ، در ۵ آزمایش ضربه که پشت سرهم وباپلاریته یکسانی انجام می گیرد، بیش از یک تخلیه الکتریکی یاشکست رخ دهد، درآنصورت، واحد خازنی در تست قبول نمی گردد. ولی اگر در این تست فقط یک تخلیه الکتریکی صورت بگیرد درآنصورت آزمایش باید ۱۰ بار دیگر وباهمان پلاریته انجام بگیرد و اگر هیچ تخلیه الکتریکی دیگری صورت نگیرد، در آنصورت واحد خازنی این تست راگذرانده است.

برای واحد هایی که بایک ترمینال به محفظه خود متصل می باشند، خواه این محفظه به زمین متصل گردد یاازامپدانس عایق گردد یابعبارت دیگر واحدها بدون حفاظ نصب نشده باشند، در آنصورت نیازی به انجام این تست نیست .

۲-۱-۴-۱۰- آزمایش تخلیه خازن (آزمایش نمونه)

واحد خازنی می بایست توسط یک ولتاژ dc، به اندازه

دوبرابر مقدار موثرولتاژ نامی‌ای شارژ شده وسپس توسط یک فاصله هوائی که شاخ ممکن به خازن نزدیک شده، تخلیه گردد. این خازن می بایست در مدت زمان ۱۰ دقیقه، به تعداد ۵ بار تحت این آزمایش قرارگیرد.

۵ دقیقه بعد از آزمایش مزبور، این واحد خازنی می بایست تحت آزمایش ولتاژ بین ترمینالها که دربخش ۱-۱-۲-۱۰ مشخص گردیده، قرارگیرد.

کاپاسیتانس خازن می بایست قبل ازآزمایش تخلیه وبعد از آزمایش ولتاژ اندازه‌گیری شده ومقدار تغییرات آن نباید از ۲٪ تجاوز نماید.

۲-۴-۱۰- برای بانکهای خازنی

۱-۲-۴-۱۰- آزمایش بین ترمینالها وزمین (آزمایش معمول)

اگر یک بانک خازنی، شامل واحدهای خازنی یابنگاهدارنده های عایقی باشد که سطح عایقی آنها کمتر از سطح عایقی بانک خازنی باشد، در آنصورت تستهای اضافی باید انجام بگیرد تامشخص گردد که کل بانک خازنی، دربرابر ولتاژی برابر باسطح عایقی بانک، تحمل دارد یا خیر.

۵-۱۰-آزمایش یونیزاسیون خازن (آزمایش نمونه)

ولتاژ مورد استفاده در این آزمایش می بایست یک ولتاژ سینوسی بافرکانس نامی خازن باشد. مدار آزمایش باید یک میرانی مناسب داشته باشد تا بتواند اضافه ولتاژ ناشی از حالات گذراراهرچه بهتر کم بکند. درمدت زمان آزمایش، دمای هوای محیط باید در مقدار $10^{\circ}C$ ± ۲۵ باقی بماند.

نحوه آزمایش بدینطریق بوده که برای مدت زمان کافی، بطوریکه دمای خازن به حالت تعادل خود برسد، می بایست ولتاژ نامی به خازن متصل گردد. سپس یک ولتاژ تست، که اندازه آن باموافقت خریدار وسازنده تعیین می -

کردد. می بایست فقط یکبار وبمدت ۱ ثانیه به خازن متصل کردد. بعد از آن، ولتاژ مـــی بایست به مقدار $1.2\ U_n$ کم کردیده و در همان مقدار ، بمدت ۱۰ دقیقه باقی بماند. سپس ، ولتاژ به مقدار $1.5\ U_n$ افزایش یافته وبمدت ۱۰ دقیقه در همان مقدار باقی بماند. درطی این ۱۰ دقیقه آخر، نبایستی درهیچ لحظه‌ای افزایشی درسطح یونیزاسیون خازن مشاهده کردد.

قبل وبعد از آزمایش ، کاپاسیتانس خازن می بایست برطبق روش کفته شده در بخشهای قبل اندازه‌کیری شده وهیچ تغییر قابل توجه‌ای دراین دو اندازه‌کیری مشاهده نکردد.

هنکام مقایسه نتایج حاصل ازاین دو اندازه‌کیری باید دوفاکتور زیربحساب آورده شوند.

a) دقت اندازه‌کیری های انجام شده

b) توجه به این عامل که تغییرات داخلی دردی الکتریک خازن ممکن است سبب تغییرات کوچک در کاپاسیتانس شده بدون آنکه هیچ شکستی درالمانهای خازن رخ داده باشد.

توجه ۱ـ اندازه ولتاژی که در مدت ۱ ثانیه بکاربرده می شود ، تعیین نکردیده است. مقدار این ولتاژ، می بایست باتوجه به موقعیت محل نصب خازن واضافه ولتاژهای ناشی ازکلید زنی که دراینحالت پیش می‌آیند، تعیین کردند.

توجه ۲ـ این آزمایش می بایست بهمان ترتیبی که دربالا کفته شد بطور پیوسته انجام بکیرد، بدون آنکه دربین مراحل آزمایش ولتاژ قطع کردد.

توجه ۳ـ درصورتیکه کاپاسیتانس واحد خازنی که تست می کردد، خیلی بزرگ باشد بطوریکه در محدوده حساسیت وسایل مورد استفاده درآزمایش نباشد، درآنصورت سطح نایقی چنین خازنی قابل اندازه‌کیری نخواهد بود.

در چنین حالتی، باموافقت خریدار وسازنده خازن، این آزمایش برروی

مدل کوچکی ازخازن انجام می گیرد که مراحل طراحی وساخت آن، مشابه با خازن اصلی باشد.

توجه ۴ـ مقصود ازعبارت یونیزاسیون که دراینجا بکاربرده شده ، اشاره به عمل تخلیه الکتریکی است که دردی الکتریک خازن انجام می گیرد ودرمتن بعبارت «تخلیه جزئی» می باشد.

توجه ۵ـ آزمایشهائی نظیر اندازه‌گیری $\tan\delta$ آن دقت لازم برای آشکارسازی یونیزاسیون را ندارند. اطلاعات کلی جهت اندازه‌گیری یونیزاسیون خازن درپیوست A مشخص شده است.

۱۱ـ سطوح عایقی و ولتاژهای تست بین ترمینال خازن وزمین

جدول زیر، سطوح عایقی استاندارد برای سیستمهائی باماکزیمم ولتاژ مربوطه U_m رانشان میدهد. سطوح عایقی بامقدار r.m.s. ولتاژ a.c. در آزمایش ولتاژ و همچنین مقدار ماکزیمم ولتاژ در آزمایش ضربه، درجدول زیرمشخص شده‌اند.

سطح عایقی یک‌خازن می بایست از روی سطوح استاندارد وبااستعمال ضریب تصحیح ارتفاع (بخش ۴ـ۱) انتخاب شود امراجعه شود به بخش ۱۲۱ .

سطح عایقی		حداکثرولتاژ سیستم U_m (ولتاژ خط) KV (r.m.s.)
حداکثر میزان ولتاژ در آزمایش ضربه KV	ولتاژ آزمایش a.c. KV (r.m.s.)	
۱۵	۳	۰/۶
۲۵	۶	۱/۲
۳۵	۱۱	۲/۴
۴۵	۱۶	۳/۶
۶۰	۲۲	۷/۲
۷۵	۲۸	۱۲
۹۵	۳۸	۱۷/۵
۱۲۵	۵۰	۲۵
۱۷۰	۷۰	۳۶

فصل چهارم - راهنمای نصب وبهره‌برداری خازن

۱۲- کلیات

همچون اغلب ابزارهای الکتریکی، خازنهای شنت نیز، بعد ازشارژ شدن، در بارکامل عمل می کنند واگر انحرافی هم در بارخازن رخ بدهد ناشی ازتغییرات ولتاژ خواهد بود.

فشار اضافی برخازن ویادمای اضافی، عمر خازن راکم می کنند ولذا شرایط کارخازن (مانند دما، ولتاژ وجریان) می بایست دقیقا" کنترل شوند.

البته بایستی به این موضوع هم توجه کردد که‌نصب خازنهای متمرکز دریک سیستم، می تواند شرایط کاری نامطلوبی ایجاد نماید (مانند تقویت هارمونیکها، خودتحریکی ماشینهای الکتریکی، اضافه ولتاژناشی ازکلید زنی وهمچنین کارکرد نامطلوب دستگاههائی که توسط امواج بافرکانس صوتی کنترل می گردند).

بدلیل انواع‌مختلف خازنها وهمچنین پارامترهای مربوط به آن، امکان تدوین یک قانون ساده برای نصب وبهره‌برداری ازخازن درتمام حالتها وجود ندارد. اطلاعات ذیل اکثر پارامترهای مهم دراینباره راتحت پوشش خود قرارمی‌دهد. علاوه براینها، می بایست به اطلاعات سازنده وتوانائی منبع تغذیه، مخصوصا" درمواقع کلید زنی وقطع خازن ازمدار (درهنگام بار روشنائی)، توجه کردد.

۱۲- نحوه انتخاب خازن برای نصب درشبکه

۱-۱۲- مبانی ومعیارهای انتخاب

انتخاب محل، ظرفیت واحدها (Units) وظرفیت راکتیو بانکهای خازنی، تابع یک بررسی فنی واقتصادی براساس ارزش مزایای حاصل ازنصب این خازنها درمقایسه باهزینه سرمایه‌گذاری مورد نیاز برای تهیه،

نصب، راه‌اندازی وتعمیرات ونگهداری خازنها وفیدرهای مربوط به آن بوده وتازمانی که ارزش مزایای حاصل ازنصب خازنها برابر ویابیشتر از هزینه آن باشد، استفاده ازخازنهای موازی مقرون بصرفه میباشد. باتوجه‌به‌این مطلب استفاده ازخازنهای موازی درسیستمهای توزیع بسیار معمول و متداول بوده وازاهمیت خاصی برخوردار است.

۲-۳- انتخاب محل نصب خازن درسیستم

ازنظرفنی خازنها درطول شبکه ویاسیستم فوق توزیع وتوزیع تقریبا" درهرسطح ولتاژی میتوانند مورد استفاده قرارگیرند چون باسری کردن یونیت های خازن می توان به سطح ولتاژ مورد نیاز رسید وباموازی کردن یونیتها به ظرفیت مکاوار لازم دست یافت. بااینحال عوامل زیرباعث محدود کردن محل نصب وسطح ولتاژ مورد استفاده برای خازنها می گردد.

۱) مزایای حاصل ازنصب خازنها بانزدیکترشدن محل نصب خازنها به محل مصرف ومصرف کننده افزایش می یابد ، چون باعث کاهش تلفات وآزادشدن ظرفیت سیستم ازمحل نصب بسمت منبع می گردد وسطح ولتاژ رانیز بنحو موثرتری بهبود می بخشد.

۲) سطح ولتاژ کارخازنها درتعیین قیمت آنها نقش موثر وتعیین کننده‌ای داشته ویونیتهای خازنی باولتاژ کار زیر ۶ کیلوولت ویابالاتر از ۱۵ کیلوولت گرانتر بوده وبهترین ولتاژکارخازنهای موازی ازنظر اقتصادی فاصله ولتاژ ۶ الی ۱۵ کیلوولت است . به این ترتیب باتوجه به نحوه اتصال خازنها به شبکه بصورت ستاره و یامثلث ، عملا" بهترین سطح ولتاژ شبکه برای نصب خازنها ازنقطه نظر قیمت آنها، ولتاژهای توزیع ۱۱ و ۲۰ و ۳۳ کیلوولت میباشند. دراینجا بعنوان نمونه ازجدول زیر ، که نشاندهنده ارقام تقریبی مربوط به قیمت بانکها وفیدرهای خازنی یک سیستم توزیع ۲۰ کیلوولت بوده ، استفاده کرده ومشاهده می کردد که

بامرغوب ترین ولتاژ نصب برای خازن ، ولتاژ شبکه توزیع می باشد.

ولتاژ کار خازن (کیلوولت)	ولتاژ شبکه (کیلوولت)	قیمت تقریبی هر کیلووار خازن (دلار)	قیمت تقریبی هر کیلووار فیدر (دلار)	قیمت تقریبی هر کیلووار فیدر خازن (دلار)	توضیحات
۰/۳	۰/۴	۶	۶	۱۲	
۱۱/۵۵	۲۰	۳/۵	۴	۷/۵	
۱۸/۱۹	۶۳	۴	۵	۹	درصورت استفاده ازدو واحدی برای رسیدن به ولتاژهرفاز
۱۲/۱۲	۶۳	۳/۵	۵	۸/۵	درصورت استفاده از۳ واحدی برای رسیدن به ولتاژ هرفاز

۳) ازنقرفنی بهترین محل نصب خازن ، درانتهای فیدرهای توزیع (۱۱و ۲۰ و ۳۳ کیلوولت) بوده ولی باتوجه به نحوه کلیدزنی وکنترل خازنها، محل نصب بصورت زیرتعیین می گردد:

a) برای خازنهای ثابت ، باتوجه به اینکه کلید زنی خودکار درآنها صورت نمی گیرد لذا تجهیزات چندانی مورد نیاز نبوده ودرنتیجه می توانند در پستهای توزیع (۱۱و ۲۰ و ۳۳ کیلوولت) نصب گردند.

b) برای خازنهای متغیر، باتوجه به اینکه ، چنین بانکهای خازنی نیازمند تجهیزات کلید زنی، حفاظت وکنترلی کاملی بوده ، بنابراین مانند سایر تجهیزات پستها بایستی تحت نگهداری ومراقبت مداوم قرارگیرند. لذا بهمین دلیل تجمیع ونصب آنها درمحل پستهای فوق توزیع (مانند پست ۶۳/۲۰ کیلوولت) متداول بوده وتوصیه می گردد.

۳-۱۳- نحوه اتصال فازها دربانکهای خازنی

باتوجه به محدوده ولتاژ اقتصادی وهمچنین رعایت مسائل حفاظتی ،

اتصال فازها دربانکهای خازنی باولتاژ توزیع (۱۱ و ۲۰ و ۳۳ کیلوولت) ، می بایستی بصورت یک اتصال ستاره بوده وتجهیزات لازم جهت حفاظت ازنامتقارنی فازها نیز درآن نصب شده باشد.

۴-۱۳- انتخاب ولتاژنامی خازن

۱-۴-۱۳- اصولا، ولتاژ نامی یک خازن می بایست برابر یا ولتاژ شبکه‌ای باشد که خازن به آن متصل میگردد والبته‌تاثیر حضور خازن نیز باید درنظر گرفته شود.

دربعضی شبکه‌ها، تفاوتی بین ولتاژ نامی وولتاژ کارشبکه وجود دارد، جزئیات این تفاوت توسط خریدار تعیین شده وسازنده خازن باتوجه به حدود مشخص شده ، اقدام به ساخت می کنند . فقط مطلب مهمی که می بایست به آن توجه شود اینستکه افزایش بی مورد درفشاروارد به دی الکتریک خازن ، تاثیر معکوس درنحوه کاروعمرخازن می گذارد.

بعنوان مثال درجاهائیکه، مدارهائی برای کاهش اثرهارمونیکها ویابه منظورهای دیگری ، بصورت سری به خازن متصل شده‌باشند، دراینصورت ولتاژ قرارگرفته درترمینالهای خازن، بالاتر از ولتاژ کار شبکه بوده ودرنتیجه ، افزایش معادلی نیز باید در ولتاژ نامی خازن درنظر گرفته شود. اگر چنین اطلاعات اضافی موجود نباشد ، درآنصورت ولتاژ کارعملی خازن ، برابر باولتاژ نامی شبکه فرض می گردد.

برای بانکهای خازنی سه فاز، که بصورت ستاره به شبکه متصل میشوند، ولتاژ نامی خازن برابر باولتاژ نامی شبکه تقسیم بر $\sqrt{3}$ انتخاب می گردد.

توجه ۱- ضریب اطمینان بیش از حد، درموقع انتخاب ولتاژ نامی U_n ، نباید درنظر گرفته شود زیرا که این کار باعث می گردد تادرعمل ،توان خروجی خازن درمقایسه باتوان نامی آن، کوچک گردد.

توجه ۲- درارتباط با حداکثرولتاژ قابل قبول،به بخش (۱-۶) مراجعه شود.

۲-۴-۱۳- درموقع تعیین ولتاژی که می بایست به ترمینالهای خازن متعل گردد ابخش ۱-۴-۱۳) ، ملاحظات زیرنیز باید درنظر گرفتدشوند.

a) خازنها سبب افزایش ولتاژ در نقطه اتصال خود میگردند واین افزایش ولتاژ ممکن است حتی برای همه هارمونیکهای موجود پیش بیاید . دراینحالت خازنها می بایست درولتاژی بالاتر ازولتاژ پیش بینی شده کاربکنند.

b) ولتاژ ترمینالهای خازن، مخصوصا" درمواقعی که فقط باربروشنائی وجود دارد، ممکن است بزرگ گردد. درچنین حالاتی ، بمنظور جلوگیری ازوارد شدن فشارزیاد برروی خازن وهمچنین افزایش بی رویه ولتاژ درشبکه، می بایست تعدادی یاهمه خازنها ازمدار قطع گردند.

۳-۴-۱۳- فقط درحالات اضطراری وبرای مدت زمان کوتاهی ، خازنها میتوانند درحداکثر ولتاژ قابل قبول وهمچنین حداکثر دمای محیط کاربکنند.

۵-۱۳- انتخاب ظرفیت هرواحد

نصب خازنها درپستها نیازبه فضای کافی برای استقرار بانکهای خازنی درداخل ویاخارج ساختمان دارد. این نیاز درهنگام اضافه کردن خازنهای جدید به پستهای موجود بامشکلاتی نیز روبرو میباشد ودربعضی موارد محدودیتهای ناشی ازکمبود فضای مورد نیاز باعث عدم امکان نصب خازنهامی گردد. بنابراین بدیهی است که هرچه فضای مورد نیاز برای نصب بانکهای خازنی کوچکتر باشد، مطلوبتر است. حال درصورت ثابت نگهداشتن ابعاد سطح قاعده یونیتهای خازنی ، ازنظر تکنولوژی ساخت ، افزایش ظرفیت هرواحد باعث کاهش ارتفاع نسبی آن درمقایسه باظرفیت مربوطه گردیده وبهمین ترتیب قیمت ساخت هرکیلووار

ازظرفیت خازنی درواحدهای با ظرفیت بیشتر، ارزانتر بوده ودرنتیجه واحدهای خازنی بهینه ازنظر ابعاد و قیمت تمام شده (هرکیلوولت‌وار) درمحدوده ظرفیت ۲۰۰ الی ۲۵۰ کیلوولت می باشد.

جهت انتخاب ظرفیت مناسب برای هرواحد خازنی، علاوه برمطلب بالا، می بایست محدودیتهای دما وولتاژ کارخازن (بخشهای (۴-۱۳) و ۱۷) نیز درنظر گرفته شده، وباتوجه به بخش ۵، ازبین سه مقدار ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ کیلوولت، انتخاب نهائی صورت بگیرد.

۶-۱۲- انتخاب ظرفیت بانکهای خازنی فشارقوی

انتخاب ظرفیت راکتیو بانکهای خازنی مورد نیاز یک پست براساس استفاده ازظرفیت قطعی[1] آن طبق رابطه زیر محاسبه می گردد:

$$Q_C = S \cdot PF_C \left[\tan(\cos^{-1}(PF)) - \tan(\cos^{-1}(PF_C))\right]$$

که دراین رابطه :

Q_C = ظرفیت راکتیو بانکهای خازنی مورد نیاز (MVAR)

S = ظرفیت قطعی پست (MVA)

PF_C = ضریب قدرت باریست پس از نصب خازن

PF = ضریب قدرت باریست قبل از نصب خازن

همچنین، ظرفیت قطعی پستها برای سیستم توزیع ۲۰ کیلوولت نیز طبق جدول زیراستاندارد گردیده است :

۱- تعریف ظرفیت قطعی : ظرفیت قطعی یا مطمئن پست عبارتست از حداقل بار قابل تامین توسط آن پست، در مواقع بروز شرایط اضطراری (Firm Capacity)

جدول ظرفیتهای استخاب شده برای پستهای فوق توزیع ۶۳/۲۰ کیلوولت*

ردیف	ظرفیت اسمی (MVA)	ظرفیت قطعی (MVA)	قابل توسعه به ظرفیت اسمی (MVA)
۱	۲ × ۳۰	۴۲(۷۸)	۳ × ۳۰
۲	۲ × ۱۵	۱۵(۳۰ یا ۴۲)یا۲۱	۲ × ۳۰
۳	۲ × ۷/۵	۷/۵ (۱۵)	۲ × ۱۵

* اعداد داخل پرانتز نشاندهنده مقادیرتوسعه یافته ظرفیت پست می باشد.

برای سیستمهای توزیع ۱۱ و ۳۳ کیلوولت نیز ظرفیت قطعی پستهای فوق توزیع می بایست مشخص گردند.

سپس برای تعیین ظرفیت راکتیو بانکهای خازنی، علاوه برظرفیت قطعی پست، می بایست ضریب قدرت نهائی مورد نیاز وضریب قدرت فعلی بار پست نیز مشخص شده وآنگاه بااستفاده از فرمول بالا، مقدار ظرفیت بانک خازنی تعیین گردد.

البته جهت انتخاب نهائی ظرفیت بانک خازنی، می بایست درمقدار بدست آمده، تغییرات مناسبی اعمال نمود بطوریکه، نکات زیرنیزمنظور شده باشند:

a) استفاده ازواحدهای خازنی انتخاب شده در بخش (۵-۱۳)

b) قابلیت تقسیم متعادل کل ظرفیت خازنی برروی سه فاز وانتخاب حداقل ۲ مرحله برای وارد وخارج کردن خازنها به مدار

c) طبق آمار موجود، ظرفیت بانکهای خازنی در پستهای ۶۳/۲۰ کیلوولت عمدتا" دارای مقادیر ۲/۳ و ۲/۷ مگاوار می باشد. لذا این اعداد می توانند بعنوان مبنائی جهت تعیین ظرفیت تیپ بانکهای خازنی مورد استفاده قرارگیرند.

بعنوان مثال، برای سیستم ۲۰ کیلوولت، درصورتیکه واحدهای خازنی ۲۰۰ کیلوواری باولتاژ کار ۱۱/۵۵ کیلوولت انتخاب گردد در آنحالت، ظرفیت تیپ بانکهای خازنی بشرح جدول زیر انتخاب وتوصیه می گردد.

جدول ظرفیت راکتیو بانکهای خازنی برای سیستم ۲۰ کیلوولت *

ظرفیت نامی پست (مگاولت آمپر)	ظرفیت قطعی پست (مگاولت آمپر)	ظرفیت راکتیو هربانک (مگاوار)	کل‌ظرفیت راکتیو بانکها
۲×۳۰ (۳×۳۰)	۴۲ (۷۸)	۲/۴	۴×۲/۴(۶×۲/۴)
۲×۱۵ (۲×۳۰)	۱۵(۴۲ یا ۳۰) یا ۲۱	۱/۲ (۲/۴)	۴×۱/۲(۴×۲/۴)
۲×۷/۵(۲×۱۵)	۷/۵ (۱۵)	۱/۲	۲×۱/۲(۴×۱/۲)

* اعداد داخل پرانتز نشاندهنده مقادیر توسعه ظرفیت پست یاظرفیت راکتیو بانکهای خازن می باشد.

درصورت انتخاب واحدهای خازنی باتوان و ولتاژکار متفاوت، با درنظرگرفتن مطالب بیان شده، ظرفیت تیپ بانکهای خازنی مشابه باجدول بالا تعیین می گردد.

۷-۱۳- انتخاب ظرفیت خازنهای فشار ضعیف

ظرفیت خازنهای فشار ضعیف نیز با استفاده از فرمول زیر که مشابه فرمول بخش (۶-۱۳) بوده و با در نظر گرفتن اندازه واحدهای خازنی که توسط سازندگان تولید می گردد وهمچنین ظرفیت بانکهای خازنی مورد مصرف ، تعیین می شود.

که در این رابطه $Q_C = P (\tan\phi_1 - \tan\phi_2)$

Q_C = ظرفیت راکتیو خازن مورد نیاز (KVAR)

P = توان اکتیو مصرفی (KW)

$\cos\phi_1$ = ضریب قدرت بارقبل ازنصب خازن

$\cos\phi_2$ = ضریب قدرت بار بعد ازنصب خازن

ازرابطه بالا، ظرفیت راکتیو خازن مورد نیاز جهت اصلاح ضریب قدرت ازمقدار $\cos\phi_1$ به مقدار $\cos\phi_2$ بدست می آید.

۱۴- نحوه انتخاب خازنها توسط مشترکین

۱-۱۴- دراماکن ویا کارخانجاتی که بطور دائم مشغول بکارنبوده وباولتاژ فشارقوی تغذیه شده ولی بارآنها ولتاژ ضعیف باشد، می بایستی برای تصحیح ضریب توان ازخازنهای نشارضعیف استفاده کنند. دراینحالت باتوجه به اینکه تجهیزات کلید زنی ولتاژ پائین خیلی ارزانتر از تجهیزات مشابه فشارقوی بوده وهمچنین سهلت تنوع زیاد آن ، امکان

بکاربردن خازنها با پله های کم جهت کنترل اتوماتیک آنها وجود دارد لذا درصورت استفاده ازخازنهاو تجهیزات کلید زنی ولتاژ پائین، ضمن داشتن انعطاف پذیری مناسب ، برقیمت تجهیزات نیز اضافه‌خواهد شد.

۳-۱۴- برای تصحیح ضریب توان کارخانجات بزرگ ، که بطور دائم مشغول بکاربوده وتغییر بار چندانی نیز نداشته باشند، بهترین واقتصادیترین روش ، استفاده از بانکهای خازنی فشارقوی بزرگ بوده که توسط کلیدی ، باکنترل غیراتوماتیک یادستی ، به شبکه متصل می گردد.

دراینحالت هزینه لازم به ازای هر KVAR خازن نصب شده پائینین خواهد بود.

۳-۱۴- می بایست برای تصحیح ضریب توان بارهائی که مستقیما" به ولتاژ فشار قوی متصل می باشند مانندموتورهای اندوکسیونی بزرگ ، مبدلهای ac به dc وغیره ، از خازنهای فشارقوی استفاده گردد.

۴-۱۴- مشترکین صنعتی که ازطریق ولتاژ فشارقوی تغذیه میگردند، مجبورند که هزینه تلفات ترانسفورماتورهای موجود درسیستم خود رابپردازند لذا برای جبران این تلفات می توانند از خازنهای مناسبی که‌به شبکه‌های ولتاژ ضعیف متصل بوده وبطور دستی کنترل می گردد، استفاده کنند.

۱۵- نصب خازنهای فشار ضعیف

نصب خازنهای فشارضعیف مشکل چندانی نداشته واتصال ونصب تجهیزات متعلقه نیز درحوزه کارمقاطعه کار مربوطه می باشد. این خازنها عمدتا" در محیط سربسته بکاررفته و برای نصب نیز احتیاج به فونداسیون خاصی ندارند وبدلیل نیاز به کمترین میزان تعمیر ونگهداری ، می توانند بالاتر اززمین وبرروی تیر یادیوار نصب گردند.

ازآنجائیکه خازنهای طراحی شده برای نصب درمحیط سربسته ،می بایست دریک محل تمیزو خشک ، باتهویه هوای خوب نصب گردند لذا درمکانهای شدیدا" آلوده

(مانند کارخانه‌های آرد)، خازن یابابد دریک اتاق مخصوص نصب گردیده ویا اینکه درصورت مجاز بودن نصب درمحیط روباز، مانند یک پست ، وبشرط تمیز بودن آن محیط، درآنجا قرار داده شود.

۱۶ـ نصب خازنهای فشارقوی

بانکهای خازنی فشارقوی احتیاج به فونداسیون خاصی داشته وهم درمحیط های بسته وهم روباز، برروی قفسه‌ای نصب میگردند. این قفسه اززمین عایق شده ولی بدلیل اینکه اتصالات خازنها همگی دارای ولتاژ می باشند لذا می بایست دراطراف این بانک خازنی، حصار فلزی محکمی کشیده‌شود وتمهیداتی نیز درنظر گرفته شود مبنی براینکه ، قبل اززمین کردن بانک خازنی وتخلیه بارالکتریکی انبار شده‌در آن ، امکان ورود به‌داخل حصار فلزی وجود نداشته باشد.

۱۷ـ دمای کارخازن

۱ـ۱۷ـ باید به دمای کارخازن توجه خاص گردد زیرا که تاثیرزیادی درعمرخازن میگذارد. ازاین نظر ، دمای داغترین عنصر درخازن ، فاکتور تعیین کننده می باشد ولی اندازه‌گیری مستقیم این دما در عمل ممکن نیست. لذا درعمل ،می بایست مقدار متوسط دمای هوای خنک کننده درطول یکساعت (بخش ۱۵ـ۳)، نبایستی ازدمای محیط ، (ستون دوم جدول ۳ـ۱) بیشتر از ۵ درجه سانتیگراد تجاوز کند.

۲ـ۱۷ـ خازنهائی بایست درمحلی نصب شوند که ، حرارت ایجاد شده دراثرتلفات خازن، بتواند بحد کفایت ازطریق تشعشع وهمرفتی انتقال یافته ودرنتیجه دمای خازن ازحد مشخص بالاتر نرود. بهمین منظور به نکات زیرمی بایست توجه گردد:

a) تهویه هوای اتاقی که خازنها نصب میشوند وهمچنین نحوه

قرارگرفتن واحدهای خازنی باید طوری باشد که، جریان هوای خوب دراطراف هرواحد خازنی برقرارباشد. این مطلب اهمیت خاصی ، درمورد واحدهای خازنی که بصورت ردیفهائی برروی یکدیگر نصب می شوند، دارد.

b) دمای خازنهائی که درمعرض تشعشع خورشید یاهرمنبع گرم دیگری قرارداشته باشند، افزایش می یابد. دمای هوای خنک کننده، بستگی دارد به میزان شدت خنک کنندگی هوا وهمچنین میزان شدت ومدتی که خازن تحت تشعشع قرارگرفته است وباتوجه به عوامل بالا، یکی ازروشهای زیرجهت کنترل دما انتخاب می گردد:

I) حفاظت خازن ازتشعشع خورشید یاهرمنبع گرم دیگر

II) انتخاب خازنهایی که برای دمای محیط بالاتر طراحی شده باشند (مثلا" بعوض حدود دمای $40^{\circ}C$ +/-10 ، حد دمای $45^{\circ}C$ +/-10 انتخاب گردد) ویاخازن ، باطراحی ، برای دمای مناسب دیگر.

III) استفاده ازخازنی باولتاژ نامی بالاتر از آنچه دربخش (۴-۱۳) بدست آمده است. (دراینحالت می یابنت کاهش درتوان راکتیو خازن منظور گردد).

۳-۱۷- خازنهای باحداکثر دمای ۴۵ درجه سانتیگراد، برای اکثر کاربردها درنواحی گرمسیری مناسب می باشند . اما دربعضی محلها، ممکن است دمای محیط طوری باشد که خازن باحداکثر دمای ۵۰ درجه سانتیگراد مورد نیاز باشد. این حالت درمورد خازنهائی که روزانه بمدت چندین ساعت درمعرض تشعشع خورشید قراردارند (مانند مناطق صحرائی) ، اگر چه دمای محیط هم بیش ازاندازه نباشد. صدق می کند.

درحالات استثنائی نیز ممکن است دمای محیط از ۵۰ درجه سانتیگراد (برای حداکثر دما) و ۴۵ درجه سانتیگراد (برای

دمای متوسط روزانه) تجاوز کند.

بطورکلی ، درجاهائیکه امکان افزایش شرایط خنک کنندگی خازن وجود نداشته باشد. خازنهائی باطراحی خاص ویاخازنهائی باولتاژ اسمی بالاتر میبایست مورد استفاده قرارگیرند.

۱۸- شرایط ویژه

بغیر ازدمای محیط زیاد، یکسری شرایط نامطلوب دیگر درموقع استفاده ازخازن درمناطق کرمسیر پیش می آید. درچنین حالتی می بایست خریدار، درموقع دادن سفارش ساخت به سازنده ، اطلاعات لازم درمورد این شرایط خاص محیطی رادراختیار سازنده قراربدهد. همچنین این اطلاعات باید دراختیار تهیه - کنندگان تجهیزات جانبی خازن ، که جهت نصب آن لازم می باشد، قرارگیرد.

مهمترین این شرایط بشرح زیرمی باشند:

a) اغلب ، رطوبت نسبی بالا ایجاد گردد. درچنین حالتی ممکن است ضروری باشد که تجهیزات، برای سطح عایقی بالاتری انتخاب شده ویاابنکه عایقهایی باطراحی خاص انتخاب گردند . همچنین باید به این مسئله توجه گردد که ممکن است یک لایه رطوبت بصورت موازی بافیوزها، روی سطوح ایجاد گردد.

b) امکان رشد سریع کپک وجود داشته باشد . فلزات، مواد سرامیکی وبعضی ازانواع رنگها ولاکهای معرفی، اگرچه رشد کپک راتسریع نمی بخشند ولی به هرحال، دریک محل پر گردوغبار که بتواند بصورت لایه‌ای روی مواد قراربگیرد، امکان رشد کپک وجود خواهد داشت . استفاده ازمواد قارچ کش نیز فقط برای چند ماه موثرمی باشد زیراکه این مواد خاصیت سمی خود را بعد ازچند ماه ازدست می دهند.

c) هوای اطراف دارای خورندگی باشد که این حالت درمناطق صنعتی وسواحل

دریا پیش می آید. البته باید به این‌نکته توجه کردد که درآب وهوای بادرجه حرارت بالا، اثر خورندکی چنین هوائی خیلی بیشتر ازمناطق با آب وهوای معتدل ظاهر خواهد شد.

d) امکان هجوم حشرات وجود داشته باشد.

۱۹ـ اضافه ولتاژها

۱ـ۱۹ـ اضافه ولتاژ زیاد در حالات کذرا، موقعی پیش می آید که‌خازنها با استفاده از کلیدهایی ازشبکه قطع کردند که امکان ایجاد جرقه مجدد (restrikig) درآن کلیدها وجود داشته باشد. توصیه‌ای که می کردد، استفاده ازکلیدهایی است که درموقع ایجاد جرقه، اضافه ولتاژ بیش ازحدی راایجاد نکنند.

۲ـ۱۹ـ خازنهایی که درمعرض اضافه ولتاژهای بالا ناشی ازصاعقه قراردارند، می بایستی بحد کافی حفاظت شوند. اکر ازبرق کیر استفاده می کردد، باید تاآنجا که ممکن است نزدیک خازنها نصب کردد واکر از آن برای حفاظت بانکهای خازنی بزرک استفاده می کردد باید یکسری مسائل حفاظتی خاص نیز درنظر کرفته شود. بعنوان مثال ، ممکن است این برقکیرها نیازمند حفاظت از جریان تخلیه خازن باشند که دراینحالت میبایست تمهیدات لازم صورت بکیرد.

۳ـ۱۹ـ وقتی یک خازن بطور ثابت به یک موتور وصل کردد، ممکن است مشکلاتی بعد ازقطع موتور ازمنبع تغذیه پیش آید. بطور مثال ، زمانیکه موتور هنوز دارای حرکت چرخشی است، ممکن است بااستفاده ازخود تحریکی، بصورت ژنراتور عمل نموده ودرنتیجه ولتاژ سیستم رابسطور قابل ملاحظه‌ای افزایش دهد . ازاین مسئله معمولا" می توان به اینصورت جلوکیری کرد که جریان خازن کمتر ازجریان مغناطیس کننده موتور

انتخاب گردد ومیزان پیشنهادی ، ۱۵٪ می باشد.

بعنوان یک جنبه احتیاطی می بایستی درنظر داشت که تپشهای برقدار موتوری که به آن ، خازن ثابت وصل شده باشد. نبایستی قبل ازلرزش موتور، لمس گردد.

۴-۱۹- وقتی یک خازن، به موتوری که دارای استارتر ستاره - مثلث می باشد. وصل گردد درآنصورت باید نحوه قرارگرفتن خازن طوری باشد که هنگام کار استارتر هیچ اضافه ولتاژی ایجاد نگردد.

۵-۱۹- هنگام تشکیل یک بانک خازنی، بااستفاده ازتعدادی ازواحدهای خازنی که بصورت تصادفی انتخاب شده باشند، بعلت اختلاف بین کاپاسیتانس واحدها، اضافه ولتاژی ناشی می شود که می بایست ازآن اجتناب گردد. این اختلاف بین کاپاسیتانس خازنها ممکن است حتی بیشتر از ۱۵٪ باشد .

لذا می بایست درانتخاب هرواحد دقت لازم معمول گردد تا بهترین ترکیب ممکن حاصل شده وازاختلاف ولتاژ بین واحدها جلوگیری گردد ویااینکه، برای واحدها، ولتاژ نامی انتخاب گردد که درآن، مقدار اضافه‌ای نیز برای افزایش ولتاژ منظور شده باشد . همچنین می بایست اثرشکست یک واحد خازنی، دربانک خازنی، (به بخش۴-۲-۲۲ مراجعه شود) مورد مطالعه قرارگیرد.

درموقعی که باید ازاختلاف ولتاژ بین واحدها جلوگیری گردد، می بایست واحدهای خازنی (یاگروهی ازواحدها) که بصورت سری بهم وصل می گردند، طوری انتخاب شوند که کاپاسیتانس آنها درمحدوده مجاز تعیین شده، دارای بیشترین مقدار باشد.

درجاهائیکه بانکهای خازنی بصورت ستاره متصل بوده ومرکز ستاره هم عایق شده باشد درآنصورت اختلاف کاپاسیتانس بین فازها، منجر به افزایش ولتاژ روی خازنهائی درهرفازمی گردد که کمترین مقدار

کاپاسیتانس را داشته باشند، بنابراین درجاهائیکه اختلاف کاپاسیتانس بزرگ باشد (مثلاً" بزرگتر از 5٪)، درآنصورت این افزایش ولتاژ می بایست کنترل گردد.

۲۰- جریانهای اضافه بار

۲۰-۱- خازنها هرگز نباید بطور مداوم باجریانهائی کاربکنند که مقدارآن ازحداکثر تعریف شده دربخش (۲-۶) تجاوز بکند.

۲۰-۲- جریانهای اضافه باری ممکن است توسط اضافه ولتاژها درفرکانس اصلی ویاتوسط هارمونیکها ویاهردو، ایجاد شوند. منبع عمده هارمونیکها، یکسوکننده‌ها وهسته‌های اشباع شده ترانسفورماتورها می باشند.

۲۰-۳- درزمانهائی که باررروشنائی وجود دارد، ولتاژ توسط خازنها افزایش یافته و درآنصورت اشباع هسته های ترانسفورماتور ها نیز قابل ملاحظه خواهد بود.

درچنین حالتی، هارمونیکهائی بادامنه‌های غیرعادی تولید شده ودراین میان یکی ازآنها می تواندباتشدید بین ترانسفورماتور وخازن، تقویت کردد.

این موضوع، دلیل دیگری است برای توصیه این مطلب که درمواقع بار روشنائی، خازنها از مدار قطع کردند (به بخش (a-۲-۴-۱۲) و (b-۲-۴-۱۳) مراجعه شود).

۲۰-۴- اگر جریان‌خازن ازمقداری که دربخش (۲-۶) تعریف شده تجاوز نماید، درحالیکه ولتاژ، درمحدوده قابل قبول $1.10U_n$ (که دربخش ۱-۶ تعریف شده) باقی مانده باشد، درآنصورت می تواند هارمونیک منبع تعیین کننده رباستفاده ازآن، بهترین روش جبران این وضع مشخص کردد.

روشهای جبران سازی زیر می تواند مورد استفاده قرارگیرد:

a) انتقال همه یاتعدادی ازخازنها به دیگر قسمتهای سیستم

b) اتصال یک راکتور سری باخازن، برای داشتن ترکانس نشدید پائینتر ازهارمونیک مزاحم درمدار(به بخش ۱۱-۳-۱۳ مراجعه شود)

c) افزایش میزان گاباسیتانس درحالتیکه خازن نزدیک به یکی از شدت شده باشد.

۵-۳- شکل موج ولتاژ وهمچنین مشخصات مدار می بایست قبل وبعد از نصب خازن مشخص گردند ودرحالاتیکه ، منابع هارمونیک ، مانند یکسو کننده‌های بزرگ وجود داشته باشند می بایست حفاظت های لازم تعدیل گردد.

۶-۳- اضافه جریانهای گذرا بادامنه وفرکانس بالا ممکن است درموقع وصل خازن به مدار رخ بدهد. عموما" چنین جریانهای گذراشی وقتی پیش می آید که یک بخش ازبانک خازنی، بصورت موازی با بخش دیگری ازبانک خازنی که قبلا" شارژ گردیده ،کلید زنی شود.

البته ممکن است لازم گردد که این اضافه جریانهای گذرا به مقادیر قابل قبولی کاهش یابند. مقدار این کاهش بستگی دارد به خود خازن وتجهیزات اضافی برای کلید زنی خازن، همچون مقاومت (درکلیدزنی مقاومتی) ویاراکتورهایی که درمدار تغذیه برای هربخش خازن وارد می‌گردند (به بخش ۲-۱-۲۲ مراجعه شود). توصیه می گردد که میزان این اضافه جریانهای گذرا، از ۱۰ برابر جریان نامی خازن تجاوز نکند.

۳- انتخاب سطح عایقی

سطح عایقی یک بانک خازنی، می بایست باتوجه به سیستمی که آن بانک خازنی به آن متصل می گردد وهمچنین ارتفاع محل نصب خازن، بکمک جدول بخش ۱۱ وبااعمال ضریب تصحیح ارتفاع انتخاب گردد (به بخش ۴-۱ مراجعه شود).

همچنین می بایست تفاوت مابین سطح عایقی بانک خازنی و واحد خازنی مشخص گردد. بدین منظور، امکان وجود حالتهای زیر باید مورد توجه قرارگیرد:

a) حالتی که سطح عایقی واحدهای خازنی برابر باسطح عایقی بانک خازنی

باشد. برای مثال، این حالت زمانی پیش می آید که اتصال سری واحدهای خازنی مورد استفاده قرارنگرفته باشد. دراینحالت برای واحدهای خازنی، شایلکاری خارجی خیلی بزرگی لزوم ندارد.

b) حالتی که سطح شایلی واحدهای خازنی کوچکتر ازبانکهای خازنی باشد. عموما"، این حالت زمانی پیش می آید که اتصال سری خازنها بکاربرده شود ودراینصورت شایلکاری خارجی بزرگی مورد لزوم خواهد بود. اگر نحوه پخش ولتاژ بین واحدهای خازنی وشایلکاری خارجی نامشخص باشد، درآنصورت می بایست شایلکاری خارجی ازسطح شایلی بانک خازنی پیروی نماید.

۲۲- *ابزارهای کلیدزنی وحفاظتی وکنترلی ونحوه اتصال آنها*

۱-۲۲- کلیات

۱-۱-۲۲- ابزارهای کلید زنی وحفاظتی ونحوه اتصال آنها باید طوری باشد تابتوانند بطور پیوسته جریانی راتحمل بکنند که این جریان، معادل با ۱/۳ برابرجریانی باشد که با اتصال ولتاژ سینوسی، برابر باولتاژ نامی (مقدار r.m.s. آن) وفرکانس نامی، ازمدار کشیده می شود. چنانکه خازن کاپاسیتانسی برابر با، ۱/۱ برابر میزان کاپاسیتانسی که توان نامی راتولید بکند، داشته باشد (بخش ۲-۱-۱۱) در آنصورت این جریان می تواند حداکثر تا ۱/۱ × ۱/۳ برابر جریان نامی مقدار داشته باشد.

بعلاوه می بایست درنظر گرفت که اگر هارمونیکی وجود داشته باشد درآنصورت، حرارت تولید شده، نمی تواند بزرگتر ازحرارت ایجاد شده بواسطه اثر بوستی در جریان هارمونیک اصلی باشد.

۳ـ۱ـ۲۲ـ ابزارهای کلید زنی وحفاظتی ونحوه اتصال آنها، باید طوری باشد تا بتوانند فشار حرارتی والکترودینامیکی ناشی ازاضافه جریانهای گذرا بادامنه وفرکانس بالا راکه در مواقع وصل کلید رخ می دهد، تحمل کنند.

چنین حالتهای گذرائی موقعی رخ می دهد که یک بخش از بانک خازنی بصورت موازی بابخشهای دیگری که قبلاً شارژ شده اند، کلیدزنی گردد.

زمانی که میزان فشار حرارتی و الکترودینامیکی زیاد باشد درآنصورت میبایست احتیاطهای خاصی اهمچون مطالب بخش ۶ـ۲) در مورد محافظت ازاضافه جریان صورت بگیرد.

توجه ۱ـ درصورت استفاده ازفیوز، می بایست طوری انتخاب کردند که ظرفیت حرارتی کافی ومناسبی داشته باشند.

توجه ۲ـ دربعضی حالات ، مثلاً وقتی خازنها بطور اتوماتیک کنترل می کردند، ممکن است عملیات کلید زنی درفاصله زمانی های کوتاهی تکرارگردند. درچنین حالتی ابزارهای کلیدزنی و فیوزها باید طوری انتخاب گردند که بتوانند دراین شرایط کاربکنند.

۳ـ۱ـ۲۲ـ ابزارهای کلیدزنی که استفاده می گردند باید مخصوصاً برای کلیدزنی خازن مناسبت داشته‌باشند. برای مثال، درچنین ابزاری ، تشکیل مجدد قوس وایجاد جرقه، که می تواند باعث اضافه ولتاژهای بالایی گردد، نبایستی رخ دهد (به بخش ۱ـ۱۹ مراجعه گردد).

اگر کلیدهای مورد استفاده ، توسط اپراتور بازوبسته شوند درآنصورت باید آموزش لازم به اپراتور داده‌شود تابتوانند کلیدها راهرچه که ممکن است، سریعتر بازوبسته کند.

توصیه میگردد که قبل ازانتخاب نوع وسایل کنترلی که درمنصب خازن بکار می رود، هم بابازنده خازن وهم بابازنده کلیدها

منظور گردد.

۴-۱-۲۲- اگر راکتورهائی باهسته آهنی مورد استفاده است، می بایستی به امکان اشباع وافزایش حرارت هسته، دراثروجود هارمونیکها، توجه گردد.

۵-۱-۲۲- استفاده از هر کنتاکت نامناسب درمدار خازن، می تواند باعث افزایش جرقه‌های کوچک، که ناشی ازنوسانات فرکانس بالا هستند، شده ودرنتیجه می تواند باعث افزایش حرارت وفشار درخازن گردد.

بنابراین توصیه می گردد که بازدیدهای منظمی ازکلیه کنتاکتهای مربوط به تجهیزات خازن بعمل آید.

۲-۲۲- وسیله تخلیه خازن

۱-۲-۲۲- هردستگاه خازن بایستی مجهز به ابزاری جهت تخلیه‌بوده واین وسیله تخلیه باید مستقیم وبدون واسطه به خازن متصل گردد مگر آنکه خازن مزبور مستقیما" به المانهای الکتریکی دیگری متصل بوده ودرنتیجه این اتصال، یک مسیر تخلیه مستقیم (بدون وجود کلید، فیوز وخازنهای سری) ایجاد شده باشد.

۲-۲-۲۲- وسیله‌تخلیه بایستی طوری باشد که ولتاژ خازن را پس ازقطع اتصال از منبع تغذیه، درمدت زمان تعیین شده‌ای ازمقدارنامی ولتاژ (U_n) به ۵۰ ولت یاکمتر از آن برساند. این زمان برای خازنهای با ولتاژ نامی ۶۶۰ ولت وکمتر، یک دقیقه وبرای خازنهای باولتاژ نامی بیشتر از ۶۶۰ ولت ، ۵ دقیقه می باشد.

۳-۲-۲۲- در صورتیکه خازنها درفاصله زمانیهای کم کلیدزنی گردند، درآنصورت وسایل حفاظتی باید طوری انتخاب شوند که درموقع وصل مجدد خازن به

ولتاژ، ولتاژترمینالهای خازن ، از ۱۱۰ ولتاژ نامی بیشتر نباشد.

۴-۲-۲۲- وسیله تخلیه، شایستی جهت اتصال کوتاه ترمینالهای خازن به هم یا به زمین ، که درموقع سرویس وقبل ازشروع دست باآن صورت می گیرد، مورد استفاده قرارگیرد. زیرابعضی مواقع ممکن است بعلت قطع اتصالات داخلی بین واحدهای خازنی سری شده وبواسطه فیوز آن، بارالکتریکی انبار شده ، درآن واحدهای خازنی باقی مانده باشد . بنابراین قبل ازتماس دست باخازن ، باید اتصالات داخلی بین واحدهای خازنی سری شده ، اتصال کوتاه گردند.

۳-۲۲- کلیدزنی وحفاظت خازنهای فشار ضعیف

۱-۳-۲۲- برای تصحیح ضریب توان دربارهای خیلی کوچک ودر کارخانه‌هائی که باولتاژ فشارضعیف تغذیه شده وحدود خازن مورد نیاز نیز بین ۲۵ تا ۴۰ کیلووار باشد، کنترل دستی خازنها مناسب می باشد .

برای مجموعه‌های خازنی باتوان ۲۵ کیلووار یاکمتر، استفاده ازسیستم کنترل اتوماتیک اقتصادی نبوده وسیستم کنترل دستی توصیه می گردد.

۲-۳-۲۲- درکارخانجاتی که بارهای فشارضعیف توسط چندین پست توزیع تغذیه می گردند، استفاده از کنترل اتوماتیک محلی درهرپست ، برای خازنها، عموماً ارزانتر از بکاربردن یک سیستم کنترل مرکزی درورودی برق کارخانه می باشد .

۳-۳-۲۲- برای خازنهائی که بطور دستی کنترل می گردند،استفاده ازکلیدهای هوا، قابل قطع کردن درزیربار، (on-load air-break isolating switch) همراه بافیوزهای HRC (high-rupturning Capacity)، ویااستفاده ازکلید فیوز توصیه می گردد.

ازآنجاکه موقع کلید زنی خازنها، بخصوص موقعی که این خازنها موازی باخازنهای دیگری قرارگرفته باشند، جریان زیادی کشیده می شود لذا

برای بدست آوردن اندازه صحیح کلید فیوز، توصیه می گردد که با اعمال ضریب ۱/۵ درجریان نامی خازن ، جریان لازم برای انتخاب کلید فیوز مناسب محاسبه گردد.

۴-۳-۲۲- اکثر خازنهای فشارضعیف ، باظرفیت ۴۰ کیلووار وبالاتر، بصورت اتوماتیک کنترل می گردند. دراینحالت ، برای سوئیچینگ ، استفاده از کنتاکتورهای هوایی سه فاز (triple -pole air-break contactors) که به رله های مناسبی متصل شده باشند، توصیه می گردد.

برای انتخاب کنتاکتورمناسب ، می بایست که پارامترهای حرارتی آن، که درحداکثر جریان خازن بدست می آیند، درضریب ۰/۸ ضرب شده ودرنتیجه پارامترهای مناسب جهت انتخاب کنتاکتور حاصل شوند. دراینصورت ، کنتاکتور قابلیت عبور جریان تا ۲۵٪ بیشتر ازجریان نامی خازن راخواهد داشت .

همچنین برای حفاظت مطمئن ازاتصال کوتاه، می بایست کنتاکتورها بااستفاده از فیوزهای HRC به شبکه متصل گردند. اندازه این فیوزها نیز بااعمال ضریب ۱/۵ درجریان نامی خازن تعیین می گردند. البته می بایستی به این نکته توجه شود که هرگونه کاهش در مقدار این ضریب ، باعث کاهش عمر فیوزهای HRC خواهد بود.

۴-۲۲- روشهای کنترل اتوماتیک خازنهای فشارضعیف

روشهائی که می‌توانند جهت کنترل خازنهای فشارضعیف بکاربرده شوند عبارتند از:

۱) استفاده ازرله های حساس به VAR

۲) استفاده ازرله های حساس به جریان

۳) استفاده ازکلیدهای زمانی

۴-۲۲-۱- استفاده ازرله های حساس به توان راکتیو ، بهترین روش جهت کنترل

اتوماتیک خازنهای فشار ضعیف می باشد، زیرا که درصورت استفاده ازاین رلدها ، به نسبت میزان تغییرات بار، خازن وارد سیستم شده ویا ازآن خارج می گردد ودراینحالت درتمام شرایط، ازحداقل تا حداکثر بار، یک ضریب توان ثابت وجود داشته ویااینکه ضریب توان ، دریک محدوده خیلی کوچکی تغییر خواهد نمود.

۲-۳-۲۲- برای معرف کننده‌های صنعتی کوچک ، که ازخازنهای منفرد ودراندازه ۲۵ تا ۳۰ کیلوواری استفاده می کنند، کاربرد رله های حساس به VAR هزینه زیادی داشته وصرفه اقتصادی ندارد، لذا برای چنین مصرف کنندگانی، استفاده ازرله های حساس به جریان که ارزانتر میباشند، توصیه می گردد.

این رله ها باوجود آنکه ارزانترهستند ولی قابلیت انعطاف کمتری نسبت به رله های حساس به VAR دارند، همچنین جهت عملکرد درست آنها، می بایست یک فاصله مشخص بین جریان (pull-in)و (Drop-out) این رله وجود داشته باشد.

۳-۳-۲۲- کلیدهای زمانی ،می توانند برای کنترل اتوماتیک خازنهای فشارضعیف، چه بصورت منفرد ویابصورت بانک خازنی ، بکاربرده شوند . این نوع سیستم کنترل فقط میتواند درکارخانجات کوچک که دارای بار یکنواخت وقابل پیش بینی باشد، بکارود.

این نوع سیستم کنترل ، دارای کمترین قابلیت انعطاف وهمچنین کمترین قیمت ، نسبت به بقیه سیستمهای کنترلی است .

۵-۲۲- تجهیزات کلیدزنی برای خازنهای فشارقوی

۱-۵-۲۲- برای معرف کننده‌های صنعتی فشارقوی ، انتخاب دقیق تجهیزات کلیدزنی وکنترلی ، ازاهمیت فوق العاده‌ای برخوردار است زیرا، علاوه برمسائل تکنیکی ، جنبه اقتصادی آن بسیار حائز اهمیت می باشد که

البته ، برای چنین محرف کننده‌گانی تجهیزات کلیدزنی فشارقوی درمقایسه باسایرتجهیزات، فوق العاده گرانقیمت می باشند.

۲-۵-۲۲- درشبکه‌های توزیع وفوق توزیع ، که بانکهای خازنی نصب شده درابعاد بزرگی می باشند، قیمت تجهیزات کلیدزنی نسبت به سایرتجهیزات ازاهمیت کمتری برخوردار بوده و قابل ملاحظه نمی باشد.

۳-۵-۲۲- انواع کلیدهایی که می توانند برای کنترل خازن های فشارقوی مورد استفاده قرارگیرند عبارتند از :

۱- کلیدهای باهوای فشرده (Air-blast Circuit-breakers)

۲- کلیدهای روغنی ازنوع کم روغن (Minimum-oil Circuit-breakers)

۳- کلیدهای SF6 (SF6 circuit-breakers)

۴- کلیدهای خلاء (Vacuum Circuit-Breakers)

۵- کنتاکتورهای خلاء (Vacuum contactors)

انتخاب نوع کلیدی که مورد استفاده قرارمیگیرد بستگی به عوامل مختلفی داشته که ازآنجمله میتوان به ولتاژ سیستم ، ابعاد واندازه محلی که برای نصب کلید دردسترس بوده وهمچنین تیپ کلیدهایی که استفاده از آنها درسیستم معمول بوده ، اشاره کرد.

همچنین کلیدهایی که جهت کلید زنی خازن مورد استفاده قرارمیگیرند می بایستی دارای یکسری مشخصات فنی باشند که دربخش ۶-۲۲ بیان گردیده‌اند.

لذا باتوجه به ولتاژ سیستم وهمچنین مشخصات ذکرشده دربخش ۶-۲۲ ، راهنمائی های زیرجهت انتخاب کلید هاصورت می گیرد:

a) کنتاکتورهای خلاء میتوانند برای کنترل خازنهای فشارقوی تاولتاژ ۱۱ کیلوولت مورد استفاده قرارگیرند.

b) کلیدهای روغنی وهمچنین کلیدهای هوای فشرده، میتوانند برای کنترل خازنهای فشارقوی تاولتاژ ۳۳ کیلوولت مورد استفاده قرارگیرند.

c) کلیدهای خلاء وSF6 باتوجه به اینکه درولتاژ ۱۱ کیلوولت وبالاتر ازآن، مشکل ایجاد دوباره جرقه (re-striking) راندارند لذا برای کنترل

خازنهای فشارقوی بسیار مناسب می باشند .

۶-۲۲- مشخصات فنی کلیدهای فشارقوی برای کنترل خازنها

این مشخصات ، بانظر اینکه کلید یاکنتاکتور برای شرایط نرمال سیستم ، مانند سطح نایقی ویاتحمل شرایط وقوع خطا درسیستم، مناسب می باشد، بیان گردیده اند.

۱-۶-۲۲- حدود جریان برای کارداثم

بدلیل تلرانس موجود درکاپاسیتانس خازنها، که امکان افزایش ولتاژ سیستم رابوجود می آورد وهمچنین امکان افزایش r.m.s. جریان خازن بخاطر وجود جریان هارمونیکها، کلید یاکنتاکتور می بایست توانائی کارداثم درجریانی برابر با ۱/۴۳ جریان نامی خازن (جریان درتوان وولتاژ نامی) راداشته باشد.

۲-۶-۲۲- جریان قطع

کلید یاکنتاکتور می بایست درموقع قطع جریانی برابر با ۱/۲ جریان نامی ودرولتاژ ۱/۱ برابر ولتاژ نامی ، ایجاد دوباره جرقه (re-strike) ننماید. برای اثبات این مطلب ، می بایست آزمایش نمونه IEC56 بخش ۴ انجام‌گرفته باشد ودرتمام طول آزمایش نیز جرقه‌ای ایجاد نشده باشد. همچنین کلید یاکنتاکتور می بایست درموقع قطع جریانی برابر با ۱/۴۳ جریان نامی خازن از ایجاد دوباره جرقه (re-strike) خودداری کند.

۳-۶-۲۲- جریان گذرا

درزمان شارژ یک بانک خازنی، جریان هجومی بزرگی که گذرا بوده وفرکانس بالایی نیز دارد، جاری میشود واگر این بانک خازنی به باس باری متصل گردد که قبلاً بانک خازنی دیگری به آن متصل شده باشد، این جریان شدیدتر می شود.

دامنه وفرکانس جریان هجومی که بین دوخازن برقرارمیشود، بستگی به اندوکتانس موجود درمسیر بین دوخازن داشته واندازه آن، با بکاربرد بودن جزئیات اتصالات دربست وهمچنین سطح اتصال کرتاه سیستم ، قابل محاسبه می باشد (به بخش ۷-۲۲ مراجعه شود).

حداکثر جریان هجومی که یک کلید می تواند تحمل کند، می بایست توسط سازنده آن تعیین گردد تا بااستفاده ازآن، میزان اندوکتانس مورد نیاز محاسبه شود. همچنین تجهیزات کلید زنی می بایست طوری طراحی گردند که فاصله زمانی بین شروع جریان هجومی تا خاتمه آن، ازیک چهارم زمان تناوب سیستم (۵ میلی ثانیه) بیشترنگردد. ولتاژهای گذرا درزمان شارژ خازن نیز از ۲/۲ برابر ولتاژ نامی بیشتر نگردد.

۴-۶-۲۲- *جرقه زنی (re-striking) کلیدها دربارهای خازنی*

جرقه زنی دوباره کلید ، وقتی پیش می آید که یک بانک خازنی ازشبکه قطع گردد . این عمل ، سبب ایجاد اضافه ولتاژ روی دی-الکتریک خازن گردیده ومی تواند موجب وقوع شکست درآن شود.

زمانی که یک خازن ازمنبع قطع می گردد، جریان آن صفرمی گردد. دراین لحظه، ولتاژ باقی مانده دردو سرخازن، برابر باپیک ولتاژ سیستم بوده که به آهستگی کاهش می یابد . بعد از نصف سیکل (۱۰ میلی ثانیه) ، ولتاژ کلید درطرف متصل به منبع ، برابر با پیک ولتاژ ولی باعلامتی مخالف ولتاژ خازن بوده و لذا، ولتاژ ایجاد شده بین دوکنتاکت کلیدی که باز شده، دوبرابر ولتاژ نامی خواهد بود.

حال اگر دراین زمان ، جرقه‌ای بین دوکنتاکت کلید رخ دهد، اضافه ولتاژ پیش آمده در دوسرخازن ، به برابر ولتاژ پیک سیستم بوده واین اضافه ولتاژ ، درجرقه‌های بعدی افزایش خواهد یافت . جرقه‌ای که در فاصله زمانی تا یک چهارم سیکل ، بعد ازقطع جریان کلید پیش بیاید، تاثیر مهمی براضافه ولتاژ خازن نمی گذارد.

معمولا" کلیدها تحمل ولتاژهای گذرای جرقه زنی را دارند ولی خازنها

بیچوجه تحمل چنین ولتاژهائی را ندارند واصولا" طراحی خازن برای تحمل چنین ولتاژهائی غیراقتصادی می باشد. لذا می بایست طراحی کنید طوری باشد که مابین فاصله زمانی ۵ تا ۱۰ میلی ثانیه بعد از قطع جریان کلید، هیچ جرقه‌ای ایجاد نگردد.

۲-۲۲- جریانهای هجومی گذرا درشارژ خازن

درموقع اتصال بانک خازنی فشارقوی به شبکه، جریان گذرای شدید ودرمدت کمی رخ می دهد، درحالتی که فقط یک بانک خازنی وجود داشته باشد، مقدار پیک جریان هجومی، بندرت از ۲۰ برابر جریان r.m.s. نامی خازن تجاوز می کند. فرکانس چنین جریانی می تواند تا یک کیلوهرتزباشد. دراینحالت، می بایست مقادیر نامی فیوز وکلید انتخاب شده، بطور مناسبی اصلاح شده ودرصورت لزوم، از راکتورهای محدود کننده جریان استفاده گردد تامیزان جریان هجومی خازن ازمقدار مجاز آن تجاوزننماید (به بخش ۶-۲۰ مراجعه شود).

مقدار پیک جریان هجومی برای یک بانک خازنی می تواند اززابطه زیر محاسبه گردد:

$$I_{max} = 1.15 I_0 \left(1+\sqrt{\frac{\text{kVA اتصال کوتاه}}{\text{Kvar خازن}}}\right)$$

که در آن: I_0 = پیک جریان نامی درحالت پایدار

وفرکانس جریان هجومی نیز اززابطه زیرمحاسبه می گردد:

$$f = F_0 \sqrt{\frac{\text{KVA اتصال کوتاه}}{\text{KVAR خازن}}}$$

که درآن :

F_0 = فرکانس نامی

ولی درحالتی که یک یا چندین بانک خازنی ، بطور موازی، بابانک خازنی دیگری که قبلا" شارژ شده ، کلیدزنی گردد ، درآنحالت انرژی ذخیره شده درداخل بانک خازنی قبلی، درداخل بانک خازنی جدید تخلیه می گردد وهمچون وقوع یک اتصال کوتاه برای بانک خازنی جدید خواهد بود. دراینحالت ، جریان هجومی فقط توسط اندوکتانس مسیر اتصال وهمچنین اندوکتانس کلید، محدود گردیده که مقدار ناچیزی دارند . اندازه این جریان هجومی دربعضی موارد تا ۲۰۰ برابر جریان نامی خازن وفرکانس آن نیز تا ۲۰ کیلوهرتز می رسد.

فرمولهای زیر برای محاسبه جریان های گذرا وهمچنین فرکانس آن، و درزمانی که یک پله خازنی بطور موازی با پله های خازنی دیگری که قبلا" شارژ شده باشند، کلید زنی گردد، بکارمی آیند :

پیک جریان به آمپر $$I_{PK} = 2900\sqrt{\frac{(n-1)}{n} \cdot \frac{KVAR}{L_0}}$$

که درآن :

n = تعداد کل پله های خازنی

KVAR = پله خازنی به KVAR وبرای هرفاز

L_0 = اندوکتانس بین پله‌های بانک خازنی به میکرو هانری و برای هرفاز

فرکانس گذرا (f_t) = $\frac{126V}{\sqrt{L_0 \cdot KVAR}}$ هرتز

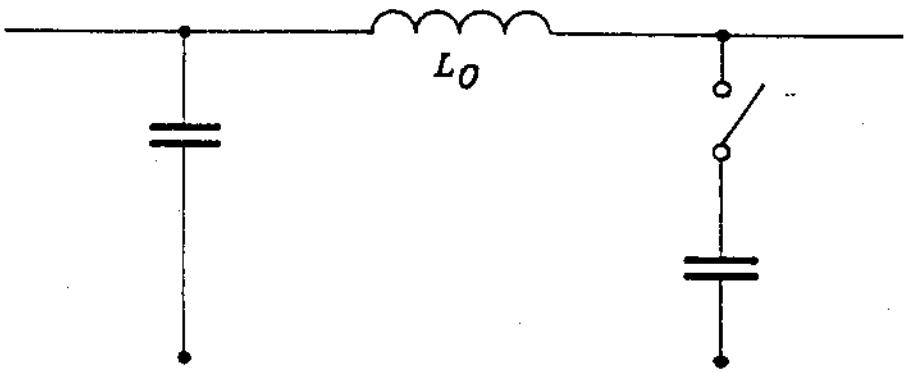
توجه ـ دراین فرمولها L_0 بستگی به فرکانس سیستم یعنی ۵۰ هرتز دارد.

V = ولتاژ شاخص بین خط و زمین r.m.s

KVAR = پله خازنی به KVAR وبرای هرفاز

L_0 = اندوکتانس بین پله های بانک خازنی به میکرو هانری وبرای هرفاز

شکل زیر ، مدار تک خطی نحوه اتصال دو بانک خازنی را نشان میدهد :



شکل ۱ـ مدارشماتیکی برای بانک خازنی که بطور موازی ، بابانک خازنی دیگری که قبلا" شارژ گردیده ، کلید زنی می شود.

تعدادی از اندوکتانسهای مدار، بطور تقریبی ، مقادیر زیر راداشته که درمحاسبه L_0 بکارمی آیند.

۱/۰ میکروهانری به ازای هر متر وبرای هرفاز = اتصالات خطوط هوائی

۰/۳ میکروهانری به ازای هرمتر وبرای هرفاز = کابلهای سه فاز

۱/۰ میکروهانری برای هرفاز = اندوکتانس معادل بانکهای خازنی

۱/۰ میکروهانری برای هرفاز بطور تقریبی = کلید

حال، اگر پیک جریان گذرائی که محاسبه می شود، از حداکثر جریان گذرای خازن

ابخش ۶-۱۲۰ و همچنین حداکثر جریان کذای تجهیزات جانبی خازن ازقبیل کلید، فیوز، CT ورله های حفاظتی، که توسط سازنده آن تعریف شده، تجاوز نماید. درآنصورت می بایست از راکتورهای محدود کننده جریان باهسته هوائی که درحدود میکرو هانری می باشند، استفاده گردد.

۸-۲۲- تجهیزات ورله های پیشنهادی جهت استفاده درحفاظت وکنترل بانکهای خازنی فشارقوی

لیست زیر شامل رله‌ها وتجهیزات اساسی بوده که برای حفاظت وکنترل بانکهای خازنی فشارقوی مورد نیاز می باشند:

۱- رله اضافه جریان سه فاز، همچنین جریان زمین بامشخصه IDMT (time Inverse definite minimum) برای حفاظت ازوقوع اتصال کوتاه‌درسیستم

۲- رله جریان برای حفاظت ازاضافه باری

۳- رله تاخیر زمانی پنج دقیقه‌ای که‌متصل به مدار کلید یاکنتاکتور بوده وجهت اطمینان ازعدم وصل کلید، درفاصله پنج دقیقه بعد ازقطع کلید، بکاربرده می شود.

۴- رله نامتقارنی جریان یاولتاژ که برای مشخص کردن نامتقارنی خازن بکاربرده می شود.

۵- رله حساس به VAR جهت کنترل اتوماتیک کلیدزنی خازن

۶- رله اضافه ولتاژ برای محافظت ازاضافه ولتاژهای طولانی

۹-۲۲- کنترل اتوماتیک بانکهای خازنی فشارقوی

برای کنترل اتوماتیک بانکهای خازنی فشارقوی، می بایست ازرله‌های حساس به VAR استفاده گردد. همراه بااین رله‌ها، می بایست رله تاخیرزمانی پنج دقیقه‌ای بکاربرده‌شود. این رله، به کلید فشارقوی متصل بوده وفاصله بین

دوکنید زمنی برای خازن راکنترل می کند تا این فاصله، کمتر از پنج دقیقه نباشد کدنتیجتاً دراین مدت ، خازن فرصت تخلیه ورسیدن ولتاژ آن به مقدار مجاز راخواهد داشت .

همچنین درجاهائیکه ازکنید ونه کنتاکتور، استفاده شده وکنترل آن نیز توسط رله حساس به VAR صورت می گیرد، می بایست رله دیگری نیز بکاربرده شود تا بوسیله آن، حد واسط بین عملکرد رله کنترل خازنها و همچنین فرمان قطع کلید در مواقع شرایط غیرعادی سیستم تعیین گردد تا بدینوسیله، خطایی درعملکرد کلید پیش نیاید.

۱۰-۲۲- حفاظت خازنهای فشارقوی

نحوه حفاظت خازنهای فشارقوی درصفحه بعد بیان گردیده است . برای بانکهای خازنی بزرگ ، هرسه نوع حفاظت باید بکارگرفته شود.

توضیحات	تیپ وسیله حفاظتی	محل نصب	روش حفاظت	نوع حفاظت
فقط برای بانکهای خازنی با اتصال ستاره	Expulsion	بین ترمینال خازن و سیستم	فیوز	اولیه
فقط برای بانکهای خازنی با اتصال مثلث و یا بانکهای تکفاز	HRC	بین ترمینال خازن و سیستم	فیوز	
برای دادن آلارم و فرمان قطع به کلید کنترل‌کننده خازن بکار میرود.	نامستقارنی جریان	توسط یک CT که مابین مراکز ستاره دریک بانک خازنی قرارداده شده، تغذیه می‌گردد.	رله	ثانویه
برای دادن آلارم و فرمان قطع به کلید کنترل‌کننده خازن بکار میرود.	نامستقارنی ولتاژ	توسط یک CT که مابین مرکز ستاره خازن و زمین قرارداده شده، تغذیه میگردد.	رله	
برای حفاظت سیستم و کل بانک خازنی و اتصالات، از وقوع خطاهای اتصال کوتاه	حفاظت O/C و E/L	در محل اتصال بانک خازنی به شبکه	رله	خط
برای محافظت از جریانهای اضافه باری مخصوصا از هارمونیکها	حفاظت از اضافه باری با استفاده از رله جریان	در محل اتصال بانک خازنی به شبکه	رله	
برای محافظت از اضافه ولتاژهای طولانی	حفاظت اضافه ولتاژ	در محل اتصال بانک خازنی به شبکه	رله	

نحوه حفاظت خازنهای فشار قوی

توجه ۱ـ این حفاظتها مکمل هم بوده وبتنهائی نمی توانند حفاظت کامل ازمدار خازنی راتامین نمایند.

توجه ۲ـ توصیه می گردد که برای محافظت ازاضافه جریان خازنها درحالت اضافه باری ، ازیک رله جریان مناسبی استفاده گردد وطوری تنظیم شود که وقتی جریان از حد قابل قبولی که دربخش (۲ـ۶) تعریف شده تجاوز نماید، باتاخیر مناسبی رله عمل کرده وفرمان قطع کنتیدها راصادر نماید . فیوزها عموماً" برای حفاظت ازاضافه جریان مناسب نیستند .

توجه ۳ـ حفاظت ازاضافه جریان نمی تواند حفاظت ازاضافه ولتاژ راتامین نماید . همچنین عموماً" این حفاظت ، نمی تواند حفاظت از اتصال داخلی واحدهای خازنی راانجام بدهد .

توجه ۴ـ حفاظت ازاتصال داخلی دربانکهای خازنی که از تعدادی واحد خازنی تشکیل شده اند، باید بطور مستقل انجام بگیرد. روش مناسب برای اینکار عبارتست از اینکه واحد خازنی دارای اتصال، بطور خودکار ازبقیه واحدها جدا گردد.

۲۳ـ تعمیر ونگهداری خازنهای فشارقوی

۱ـ۲۳ـ واحدهای خازنی فشارقوی به کمترین نگهداری نیاز داشته ولذا دارای قابلیت اطمینان بالائی می باشند . فقط می بایست درفاصله زمانیهای مشخص، واحدهای خازنی وهمچنین عایقهای تفسه خازنها تمیز شده وازنظر صدمه مکانیکی کنترل گردند.

این فاصله زمانیها، باتوجه به میزان آلودگی محیط نصب خازن از ۶ ماه تا یکسال می باشد.

۲ـ۲۳ـ تجهیزات کلید زنی ، حفاظت وکنترلی بانکهای خازنی ، مانند سایر تجهیزات پستها بایستی تحت نگهداری ومراقبت مداوم قرارداشته باشد.

فصل پنجم ـ بسته‌بندی ، حمل وانبار کردن

۲۴ـ کلیه تجهیزات می بایست جهت حمل ازطریق دریا و یاخشکی آماده گردیده و بسته بندی آنها نیز ، مناسب برای حمل باکشتی وکامیون باشد .

۲۵ـ خازنها وسایر تجهیزات جانبی، می بایست در داخل جعبه‌های چوبی مناسبی بسته‌بندی شده باشند.

این جعبه ها می بایست بحد کافی محکم باشند تا تجهیزات راازآسیبهای احتمالی درهنگام بارگیری ، حمل وانبار کردن محافظت نمایند.

۲۶ـ بسته بندی تجهیزات ، باید مناسب برای انبار کردن درمحفظه روباز باشد .

۲۷ـ می بایست ازماده پوشش دهنده مناسبی استفاده گردد بطوریکه تجهیزات بعد ازقرارگرفتن در داخل آن، در درون جعبه‌های چوبی قرارداده شوند.

۲۸ـ این ماده پوشش دهنده می بایست تمام قسمتهای تجهیزات رااحاطه نماید.

۲۹ـ پوششی که تجهیزات در داخل آن قرارمی گیرند وهمچنین طریقه بارگیری جعبه ها باید طوری باشند که ازآسیب رسیدن به تجهیزات درهنگام حمل خودداری گردد.

۳۰ـ در موقع بسته بندی می بایست ازروکش ضد آب مناسبی استفاده شده باشد تاتجهیزات را ازنفوذ رطوبت درموقع حمل وانبار کردن محافظت نماید .

۳۱ـ کلیه قسمتهای تجهیزات می بایست قبل ازبسته بندی ، ازهرگونه آلودگی و مواد خارجی پاک گردد.

۳۲ـ برچسب مناسبی برروی هرجعبه نصب شود ودرآن مشخصاتی مانند نام خریدار ، نام سازنده ، شماره جعبه ، شماره بارنامه ، آدرس ، وزن ، ابعاد، نحوه بارگیری وانبارکردن ودیگر اطلاعات ضروری بصورت خوانا وپاک نشدنی قید گردد.

۳۳ـ باتوجه به نوع تجهیزات، عبارات مناسبی که نشاندهنده احتیاطهای لازم جهت بارگیری، حمل وانبارکردن درمحیط روباز باشد ،برروی هرجعبه نوشته

شده باشد. (ازقبیل عبارات "شکستنی" یا عبارات نشاندهنده سطح سالای جعبه درموقع انبارکردن وعباراتی از این نوع)

فصل ششم ـ مشخصات خازن وتجهیزات متعلقه

۳۴ـ اطلاعات لازم که می بایست توسط خریدار ، به سازنده یاپیمانکار خازن ارائه شود درجداول I , II , III , IV , V قید گردیده است .

۳۵ـ اطلاعات لازم که می بایست توسط سازنده یا پیمانکار خازن ، به خریدار ارائه شود درجداول VI , VII , VIII قید گردیده است .

۳۶ـ سازنده یاپیمانکار خازن ، می بایست این اطلاعات خواسته شده را بصورت کاتالوگی که به زبان انگلیسی تهیه شده، ودر ۵ نسخه، به خریدار ارائه نماید .

جدول I ـ مشخصات سیستم

	واحد	مقادیر				توضیحات
۱ـ ولتاژ نامی	KV	۰/۴	۱۱	۲۰	۳۳	باتوجه به سیستم موردنظر انتخاب گردد
۲ـ حداکثرولتاژ سیستم	KV	۰/۶	۱۲	۲۴	۳۶	
۳ـ فرکانس نامی	HZ			۵۰		
۴ـ تعداد فازها				۳		
۵ـ نوع زمین شدن نوترسیستم						باتوجه به سیستم موردنظر انتخاب گردد
۶ـ بیشترین زمان خطای زمین	S					باتوجه به سیستم موردنظر انتخاب گردد.
۷ـ جریان اتصال کوتاه سیستم درمحل نصب خازن	KA					باتوجه به سیستم موردنظر انتخاب گردد.
۸ـ ماکزیمم مقدار اضافه‌ولتاژ موقت ومدت زمان آن						برابرحداکثر ولتاژسیستم وبرای ۱۰ ثانیه

(توسط خریدار آماده می گردد)

جدول II - شرایط محیطی کارخانه

	واحد	مقادیر	توضیحات
۱- درجه حرارت محیط	°C	۳۰- تا ۵۵+	باتوجه به محل نصب تعیین گردد.
۲- ارتفاع محل نصب	m	تا ۳۰۰۰	" " " " "
۳- رطوبت نسبی	درصد	۱۰ تا ۱۰۰	" " " " "
۴- میزان آلودگی محیط		سبک / متوسط سنگین / خیلی سنگین	" " "
۵- حداکثرسرعت باد	m/s	۴۵	" " " " "
۶- سرعت باد درشرایط یخ	m/s	۲۵	" " " " "
۷- ضخامت باریخ	mm	۳۰	" " " " "
۸- نیروی وارد برترمینال فشارقوی	N		" " " " "
۹- شتاب زمین لرزه	m/s	۰/۳ برابر شتاب ثقل زمین	
۱۰- سایرشرایط ویژه‌محیط کار خازن			باتوجه به بخش ۱۸ تعیین گردد.

(توسط خریدار آماده گردد)

جدول III- مشخصات فنی واحد خازنی (Unit)

	توضیحات
۱- تعداد تطبیق ونوع اتصال آنها	برای ولتاژ فشیف می توانند به ستاره باشند یا برای ولتاژ فشارقوی ، شکنند
۲-۱- نوع خازن ازنظر ساختمان وجنس	باتوجه به بخش (۴) تعیین گردد.
۲-۲- نوع خازن ازنظر محل نصب	سربسته/روباز (indoor/outdoor) باتوجه به محل نصب انتخاب گردد.
۳- محدوده دمای کارخازن	باتوجه به بخش (۳-۱) و (۱۷) تعیین می گردد.
۴- ولتاژ نامی خازن	باتوجه به بخش (۴-۱۳) و (۲-۱۳) و (۱۷) ونحوه سری یاموازی شدن واحدهای خازنی دربانک خازنی تعیین می گردد.
۵- فرکانس نامی خازن	۵۰ هرتز
۶- سطح عایقی	باتوجه به بخش (۱۱) و (۷) تعیین می گردد.
۷- توان نامی	باتوجه به بخش (۵-۱۳) و (۷-۱۳) تعیین میگردد
۸- جریان نامی	باتوجه به توان وولتاژ نامی تعیین می گردد.
۹- کاپاسیتانس نامی خازن	باتوجه به توان و ولتاژ نامی تعیین می گردد.
۱۰- تانژانت زاویه تلفات	باتوجه به بخش (۱-۴)، و درنظر گرفتن اینکه میزان تلفات خازن تاحد ممکن از W/KVAR ۰/۲ کمتر باشد (یاتانژانت زاویه تلفات از $۰/۲\times۱۰^{-۳}$ کمترباشد)
۱۱- حداکثر ولتاژ قابل قبول (اضافه ولتاژ طولانی)	باتوجه به بخش (۱-۶) تعیین میگردد.
۱۲- حداکثر جریان قابل قبول (اضافه جریان طولانی)	باتوجه به بخش (۲-۶) و (۲۰) تعیین میگردد.
۱۳- حداکثر اضافه ولتاژ موقت	برابر باحداکثر ولتاژ سیستم (جدول I)
۱۴- حداکثر جریانهجومی گذرای مجاز	باتوجه به بخش (۲۰) تعیین می گردد.
۱۵- حداکثر ولتاژ گذرای مجاز	باتوجه به بخش (۱۹) و (۶-۲۲) تعیین میگردد.
۱۶- آزمایشات خازن	کلیه آزمایشات معمول ونمونه خازن ، طبق فصل سوم انجام گیرد.

دنباله جدول III

توضیحات

۱۷ـ ولتاژ وفرکانس آزمایش	کلیه آزمایشات در ولتاژ وفرکانس نامی انجام گیرد.
۱۸ـ آزمایشهای نمونه که در هنگام تعمیر می بایستی توسط سازنده خازن تکرارگردد.	درصورت تکرار، لیست آزمایشات وتعداد خازنهای نمونه‌برداری شده جهت آزمایش تعیین گردد.
۱۹ـ دامنه ولتاژ در آزمایش یونیزاسیون خازن	باتوجه به بخش (۵ـ۱۰) تعیین گردد.

* کلیه موارد بالا باتوجه به ولتاژ سیستم وبکمک توضیحات داده شده ، تعیین می گردند.

(توسط خریدار آماده می گردد)

جدول ۱۷- مشخصات فنی بانک خازنی

	توضیحات
۱- ولتاژ نامی	باتوجه به ولتاژ نامی سیستم (جدول I) تعیین میگردد.
۲- فرکانس نامی	۵۰ هرتز
۳- حداکثر ولتاژ قابل قبول	باتوجه به بخش (۱-۶) تعیین میگردد.
۴- توان نامی	باتوجه به بخش (۶-۱۳) و (۷-۱۳) تعیین میگردد
۵- سطح نایقی	باتوجه به بخش (۲۱) تعیین میگردد.
۶- نوع اتصال قطبها	باتوجه به بخش (۳-۱۳) تعیین میگردد.
۷- تعداد پله های بانک خازنی	باتوجه به بخش (۶-۱۳) تعیین میگردد.
۸- چگونگی نصب	باتوجه به بخش (۱۵) و (۱۶) و (۱۷) و (۵-۱۹) تعیین میگردد.

* کلیه موارد بالا باتوجه به ولتاژ سیستم وبکمک توضیحات داده شده تعیین میگردند

(توسط خریدار آماده میگردد)

جدول ۷- تجهیزات حفاظتی، کلید زنی وکنترلی

	توضیحات
۱- وسیله تخلیه خازن	باتوجه به بخش (۲۲) تعیین میگردد.
۲- راکتور محدود کننده جریان هجومی	باتوجه به بخش (۲۲) تعیین میگردد.
۳- برقگیر	باتوجه به بخش (۲-۱۹) وشرایط منطقه‌نصب خازن تعیین گردیده وعموما" از برقگیرهای شاخکی و نزدیک به ترمینال خازن استفاده میگردد.
۴- کلید	باتوجه به بخش (۲۲) تعیین میگردد.
۵- تجهیزات کنترلی وحفاظتی:	
۱-۵- فیوز	باتوجه به بخش (۲۲) تعیین میگردد.
۲-۵- انواع رله‌ها	باتوجه به بخش (۲۲) تعیین میگردد.

* کلیه موارد بالا باتوجه به ولتاژ سیستم وبکمک توضیحات داده شده تعیین میگردند.

(توسط خریدار آماده میگردد)

جدول VI- مشخصات فنی واحد خازنی (Unit)

	توضیحات
۱-تعداد فازها	برای واحدهای سه فاز نحوه اتصال فازها نیز بیان گردد.
۲-نوع خازن ازنظر ساختمان وجنس	
۲-۲- نوع خازن ازنظر محل نصب	سربسته / روباز (indoor/outdoor)
۳- محدوده دمای کارخازن	
۴- ولتاژ نامی	
۵- فرکانس نامی	
۶- توان نامی	
۷- جریان نامی	
۸- کاپاسیتانس نامی	
۹- تانژانت زاویه تلفات	
۱۰- حداکثر ولتاژ مجاز دراضافه باری طولانی	
۱۱- حداکثرجریان مجاز در اضافه باری طولانی	
۱۲- حداکثرولتاژ دراضافه باری موقت وزمان آن	
۱۳- حداکثر جریان هجومی گذرا	
۱۴- حداکثر ولتاژ گذرا	
۱۵- ارتفاع نصب خازن	
۱۶- سطح عایقی	
۱۷- آزمایشات	نتایج حاصل ازآزمایشات نمونه با جزئیات کامل و بصورت گواهی نامه به خریدار داده شود.
۱۸- کلیه مشخصات عایقهای بیرونی	
۱۹- ابعاد خازن	
۲۰- وزن خازن	
۲۱- کلیه اطلاعات ضروری جهت نصب و فونداسیون های مربوطه	
۲۲- کلیه اطلاعات ضروری جهت نگهداری	
۲۳- کلیه اطلاعات درمورد بسته‌بندی ،حمل وانبارکردن	

(توسط سازنده باپیمانکار ارائه میگردد)

جدول VII ـ مشخصات فنی بانک خازنی

	توضیحات
۱ـ ولتاژ نامی	
۲ـ فرکانس نامی	
۳ـ توان نامی	
۴ـ حداکثر ولتاژ مجاز	
۵ـ سطح عایقی	
۶ـ نحوه اتصال فازها بهم	ستاره یا مثلث بودن فازها
۷ـ نحوه اتصال خازنهای هرفاز	نحوه سری وموازی کردن خازنها درهر فاز
۸ـ تعداد پله های بانک خازنی	
۹ـ چگونگی نصب	
۱۰ـ شرایط محیطی مجاز	موارد ذکرشده در جدول II
۱۱ـ کلیه اطلاعات ضروری جهت رعایت موارد ایمنی درموقع نصب، تعمیر ونگهداری	

(توسط سازنده یا پیمانکار ارائه می گردد)

جدول VIII - تجهیزات حفاظتی، کلیدزنی وکنترلی

توضیحات

	کلید مشخصات فنی
۱- وسیله تخلیه خازن	- - -
۲- راکتور محدودکننده جریان هجومی	- - -
۳- برقگیر	- - -
۴- کلید	- - -
۵- فیوز	- - -
۶- رله های کنترلی	- - -
۷- رله‌های حفاظتی	- - -

(توسط سازنده یا پیمانکار ارائه میگردد)

ضمیمه A

اطلاعات مربوط به اندازه‌گیری یونیزاسیون خازن

به محض اتصال خازن تحت آزمایش به یک مدار، عمل تخلیه در دی الکتریک خازن جهت یونیزاسیون آن ، بصورت یک جریان ضربه‌ای صورت می گیرد. این جریان ضربه‌ای ، برروی امپدانس معادل از دید دوسرمدار، تولید یک ولتاژ ضربه‌ای می نماید . این ولتاژ وجریان می توانند بصورت ورودی برای یک وسیله اندازه‌گیری مناسبی بکاربرده شوند . این وسیله اندازه‌گیری می بایست دارای مشخصه یک فیلتر میان گذر بوده که باند عبور آن بین دوفرکانس زیرمحدود شده باشد . فرکانس بالائی این فیلتر ۱۰ کیلوهرتز وفرکانس پائینی آن ، ازکمترین فرکانس طبیعی خازن کوچکتر باشد .

برای رسیدن به حداکثر حساسیت، مناسب است که مدار مورد استفاده جهت آزمایش، در فرکانسی تنظیم شده باشد که درمحدوده باند عبور دستگاه اندازه‌گیری قرارگرفته باشد. در اینصورت، سیگنال خروجی ازاین دستگاه، نشاندهنده میزان یونیزاسیون خازن خواهد بود . کالیبراسیون دستگاه اندازه‌گیری، می تواند بااعمال پالسهای متوالی بادامنه مشخص وباهرروش مناسب، به مدار انجام گیرد . درصورت لزوم می توان خازن مورد آزمایش راباخازن دیگری باکاپاسیتانس یکسان ، ولی بدون عمل یونیزاسیون جایگزین کرده وسپس اقدام به کالیبراسیون کرد.

میزان حساسیت دستگاه اندازه‌گیری باید طوری باشد که بتواند جریانهای ضربه‌ای ناشی از تخلیه را، که درهرنصف سیکل ازفرکانس منبع تکرارمی شوند، ازنویز زمینه تفکیک نماید .

ضمیمه B

محاسبه توان یک خازن سه فاز با استفاده از کاپاسیتانس اندازه‌گیری شده سه خازن تکفاز

کاپاسیتانس اندازه‌گیری شده مابین هر دوترمینال از ترمینالهای یک خازن سه فاز (با اتصال ستاره یا مثلث)، با سه مستقیر C_a ، C_b ، C_c مشخص شده اند.

درصورتیکه شرط لازم جهت متقارنی خازن که دربخش (۳-۱-۱۰) بیان گردیده، رعایت شود درآنصورت، توان P خازن سه فاز، بادقت کافی ازفرمول زیرمحاسبه می گردد:

$$P = \frac{2}{3} (C_a + C_b + C_c) \omega . U_n^2 \cdot 10^{-3}$$

که درآن:

C_a ، C_b ، C_c برحسب میکروفاراد،

U_n برحسب کیلوولت و P برحسب کیلووار می باشند.

ضمیمهٔ C

جدول انتخاب ظرفیت بانکهای خازنی

ظرفیت بانکهای خازنی با توجه به فرمولهای ارائه شده در بخشهای (۶-۱۳) و (۷-۱۳) بدست آمده، ولی در اینجا به منظور راحتی استفاده کنندگان، برای کلیه ضریب توانها این محاسبات صورت گرفته و نتایج بصورت جدولی ارائه گردیده است. در این جدول، به ازای ضریب توان اولیه و ضریب توان مطلوب، ضریبی مشخص گردیده که از حاصلضرب آن ضریب با توان مصرف کننده یا ظرفیت قطعی پست، میزان ظرفیت خازن مورد نیاز تعیین می‌گردد.

مثال ۱ : برای افزایش ضریب توان یک بار ۱۰۰ کیلوواتی از ۰/۷۷ به ۰/۹۵، ظرفیت خازن مورد نیاز عبارتست از:

ضریب بدست آمده از جدول = ۰/۵

ظرفیت خازن (Kvar) = ۱۰۰ (KW) x ۰/۵ = ۵۰ kvar

مثال ۲ : برای افزایش ضریب توان یک پست (۲x۳۰) مگاولت آمپر از ۰/۸۵ به ۰/۹۵، ظرفیت بانک خازنی مورد نیاز عبارتست از:

ظرفیت قطعی پست (۲x۳۰) = ۴۲ MVA

ضریب بدست آمده از جدول = ۰/۲۹۱

ظرفیت خازن (kvar) = ۴۲ x ۰/۹۵ x ۰/۲۹۱ = ۱۱/۶ Mvar

جدول انتخاب ضریب برای تعیین ظرفیت بانکهای خارزنی

ضریب توان اولیه	ضریب اعمالی برای ضریب توان جدید								
	۱/۰	۰/۹۹	۰/۹۸	۰/۹۷	۰/۹۶	۰/۹۵	۰/۹۰	۰/۸۵	۰/۸۰
۰/۲۵	۳/۸۷۲	۳/۷۲۹	۳/۶۶۹	۳/۶۲۱	۳/۵۸۰	۳/۵۴۳	۳/۳۸۸	۳/۲۵۲	۳/۱۲۲
۰/۲۶	۳/۷۱۴	۳/۵۷۱	۳/۵۱۱	۳/۴۶۳	۳/۴۲۲	۳/۳۸۵	۳/۲۳۰	۳/۰۹۲	۲/۹۶۴
۰/۲۷	۳/۵۶۶	۳/۴۲۳	۳/۳۶۳	۳/۳۱۵	۳/۲۷۴	۳/۲۳۷	۳/۰۸۲	۲/۹۴۶	۲/۸۱۶
۰/۲۸	۳/۴۲۹	۳/۲۸۶	۳/۲۲۶	۳/۱۷۸	۳/۱۳۷	۳/۱۰۰	۲/۹۴۵	۲/۸۰۹	۲/۶۷۹
۰/۲۹	۳/۳۰۰	۳/۱۵۷	۳/۰۹۷	۳/۰۴۹	۳/۰۰۸	۲/۹۷۱	۲/۸۱۶	۲/۶۸۰	۲/۵۵۰
۰/۳۰	۳/۱۸۱	۳/۰۳۸	۲/۹۷۸	۲/۹۳۰	۲/۸۸۹	۲/۸۵۲	۲/۶۹۷	۲/۵۶۱	۲/۴۳۱
۰/۳۱	۳/۰۶۵	۲/۹۲۲	۲/۸۶۲	۲/۸۱۴	۲/۷۷۳	۲/۷۲۶	۲/۵۸۱	۲/۴۴۵	۲/۳۱۵
۰/۳۲	۲/۹۶۰	۲/۸۱۷	۲/۷۵۷	۲/۷۰۹	۲/۶۶۸	۲/۶۳۱	۲/۴۷۶	۲/۳۴۰	۲/۲۱۰
۰/۳۳	۲/۸۶۱	۲/۷۱۸	۲/۶۵۸	۲/۶۱۰	۲/۵۶۹	۲/۵۳۲	۲/۳۷۷	۲/۲۴۱	۲/۱۱۱
۰/۳۴	۲/۷۶۵	۲/۶۲۲	۲/۵۶۲	۲/۵۱۴	۲/۴۷۳	۲/۴۳۶	۲/۲۸۱	۲/۱۴۵	۲/۰۱۵
۰/۳۵	۲/۶۷۷	۲/۵۳۴	۲/۴۷۴	۲/۴۲۶	۲/۳۸۵	۲/۳۴۸	۲/۱۹۳	۲/۰۵۷	۱/۹۲۷
۰/۳۶	۲/۵۹۲	۲/۴۴۹	۲/۳۸۹	۲/۳۴۱	۲/۳۰۰	۲/۲۶۳	۲/۱۰۸	۱/۹۷۲	۱/۸۴۲
۰/۳۷	۲/۵۱۱	۲/۳۶۳	۲/۳۰۸	۲/۲۶۰	۲/۲۱۹	۲/۱۸۲	۲/۰۲۷	۱/۸۹۱	۱/۷۶۱
۰/۳۸	۲/۴۳۴	۲/۲۰۱	۲/۲۳۱	۲/۱۸۳	۲/۱۴۲	۲/۱۰۵	۱/۹۵۰	۱/۸۱۴	۱/۶۸۴
۰/۳۹	۲/۳۶۲	۲/۲۱۹	۲/۱۵۹	۲/۱۱۱	۲/۰۷۰	۲/۰۳۳	۱/۸۷۸	۱/۷۲۲	۱/۶۱۲
۰/۴۰	۲/۲۹۱	۲/۱۴۸	۲/۰۸۸	۲/۰۴۰	۱/۹۹۹	۱/۹۶۲	۱/۸۰۷	۱/۶۷۱	۱/۵۴۱
۰/۴۱	۲/۲۲۵	۲/۰۸۲	۲/۰۲۲	۱/۹۷۴	۱/۹۳۳	۱/۸۹۶	۱/۷۴۱	۱/۶۰۵	۱/۴۷۵
۰/۴۲	۲/۱۶۱	۲/۰۱۸	۱/۹۵۸	۱/۹۱۰	۱/۸۶۹	۱/۸۳۲	۱/۶۷۷	۱/۵۴۱	۱/۴۱۱
۰/۴۳	۲/۱۰۰	۱/۹۵۷	۱/۸۹۷	۱/۸۴۹	۱/۸۰۸	۱/۷۷۱	۱/۶۱۶	۱/۴۸۰	۱/۳۵۰
۰/۴۴	۲/۰۴۱	۱/۸۹۸	۱/۸۳۸	۱/۷۹۰	۱/۷۴۹	۱/۷۱۲	۱/۵۵۷	۱/۴۲۱	۱/۲۹۱
۰/۴۵	۱/۹۸۴	۱/۸۴۱	۱/۷۸۱	۱/۷۳۳	۱/۶۹۲	۱/۶۵۵	۱/۵۰۰	۱/۳۶۴	۱/۲۳۴
۰/۴۶	۱/۹۳۰	۵۱/۷۸۷	۱/۷۲۷	۱/۶۷۹	۱/۶۳۸	۱/۶۰۱	۱/۴۴۶	۱/۳۱۰	۱/۱۸۰
۰/۴۷	۱/۸۷۸	۱/۷۳	۱/۶۷۵	۱/۶۲۷	۱/۵۸۶	۱/۵۴۹	۱/۳۹۴	۱/۲۵۸	۱/۱۲۸
۰/۴۸	۱/۸۲۸	۱/۶۸۵	۱/۶۲۵	۱/۵۷۷	۱/۵۳۶	۱/۴۹۹	۱/۳۴۴	۱/۲۰۸	۱/۰۷۸
۰/۴۹	۱/۷۷۹	۱/۶۳۶	۱/۵۷۶	۱/۵۲۸	۱/۴۸۷	۱/۴۵۰	۱/۲۹۵	۱/۱۵۹	۱/۰۲۹
۰/۵۰	۱/۷۳۲	۱/۵۸۹	۱/۵۲۹	۱/۴۸۱	۱/۴۴۰	۱/۴۰۳	۱/۲۴۸	۱/۱۱۲	۰/۹۸۲
۰/۵۱	۱/۶۸۶	۱/۵۴۳	۱/۴۸۳	۱/۴۳۵	۱/۳۹۴	۱/۳۵۷	۱/۲۰۲	۱/۰۶۶	۰/۹۳۶
۰/۵۲	۱/۶۴۳	۱/۵۰۰	۱/۴۴۰	۱/۳۹۲	۱/۳۵۱	۱/۳۱۴	۱/۱۵۹	۱/۰۲۳	۰/۸۹۳
۰/۵۳	۱/۶۰۰	۱/۴۵۷	۱/۳۹۷	۱/۳۴۹	۱/۳۰۸	۱/۲۷۱	۱/۱۱۶	۰/۹۸۰	۰/۸۵۰
۰/۵۴	۱/۵۵۹	۱/۴۱۶	۱/۳۵۶	۱/۳۰۳	۱/۲۶۷	۱/۲۳۰	۱/۰۷۵	۰/۹۳۹	۰/۸۰۹
۰/۵۵	۱/۵۱۹	۱/۳۷۶	۱/۳۱۶	۱/۲۶۸	۱/۲۲۷	۱/۱۹۰	۱/۰۳۵	۰/۸۹۹	۰/۷۶۹
۰/۵۶	۱/۴۸۰	۱/۳۳۷	۱/۲۷۷	۱/۲۲۹	۱/۱۸۸	۱/۱۵۱	۰/۹۹۶	۰/۸۶۰	۰/۷۳۰
۰/۵۷	۱/۴۲۲	۱/۲۹۹	۱/۲۳۹	۱/۱۹۱	۱/۱۵۰	۱/۱۱۳	۰/۹۵۸	۰/۸۲۲	۰/۶۹۲
۰/۵۸	۱/۴۰۵	۱/۲۶۲	۱/۲۰۲	۱/۱۵۴	۱/۱۱۳	۱/۰۷۶	۰/۹۲۱	۰/۷۸۵	۰/۶۵۵
۰/۵۹	۱/۳۶۹	۱/۲۲۶	۱/۱۶۶	۱/۱۱۸	۱/۰۷۷	۱/۰۴۰	۰/۸۸۵	۰/۷۴۹	۰/۶۱۹
۰/۶۰	۱/۳۳۳	۱/۱۹۰	۱/۱۳۰	۱/۰۸۲	۱/۰۴۱	۱/۰۰۴	۰/۸۴۹	۰/۷۱۳	۰/۵۸۳
۰/۶۱	۱/۲۲۹	۱/۱۵۶	۱/۰۹۶	۱/۰۴۸	۱/۰۰۷	۰/۹۷۰	۰/۸۱۵	۰/۶۷۹	۰/۵۴۹
۰/۶۲	۱/۲۶۵	۱/۱۲۲	۱/۰۶۲	۱/۰۱۴	۰/۹۷۳	۰/۹۳۶	۰/۷۸۱	۰/۶۴۵	۰/۵۱۵
۰/۶۳	۱/۲۳۳	۱/۰۹۰	۱/۰۳۰	۰/۹۸۲	۰/۹۴۱	۰/۹۰۲	۰/۷۴۹	۰/۶۱۳	۰/۴۸۳
۰/۶۴	۱/۲۰۱	۱/۰۵۸	۰/۹۹۸	۰/۹۵۰	۰/۹۰۹	۰/۸۷۲	۰/۷۱۷	۰/۵۸۱	۰/۴۵۱
۰/۶۵	۱/۱۶۹	۱/۰۲۶	۰/۹۶۶	۰/۹۱۸	۰/۸۷۷	۰/۸۴۰	۰/۶۸۵	۰/۵۴۹	۰/۴۱۹
۰/۶۶	۱/۱۳۸	۰/۹۹۵	۰/۹۳۵	۰/۸۸۷	۰/۸۴۶	۰/۸۰۹	۰/۶۵۴	۰/۵۱۸	۰/۳۸۸
۰/۶۷	۱/۱۰۸	۰/۹۶۵	۰/۹۰۵	۰/۸۵۷	۰/۸۱۶	۰/۷۷۹	۰/۶۲۴	۰/۴۸۸	۰/۳۵۸
۰/۶۸	۱/۰۷۸	۰/۹۳۵	۰/۸۷۵	۰/۸۲۷	۰/۷۸۶	۰/۷۴۹	۰/۵۹۴	۰/۴۵۸	۰/۳۲۸
۰/۶۹	۱/۰۴۹	۰/۹۰۶	۰/۸۴۶	۰/۷۹۸	۰/۷۵۷	۰/۷۲۰	۰/۵۶۵	۰/۴۲۹	۰/۲۹۹

ادامه جدول

ضریب توان اولیه	ضریب اضافی برای ضریب توان جدید								
	۱/۰	۰/۹۹	۰/۹۸	۰/۹۷	۰/۹۶	۰/۹۵	۰/۹۰	۰/۸۵	۰/۸۰
۰/۷۰	۱/۰۲۰	۰/۸۷۷	۰/۸۱۷	۰/۷۶۹	۰/۷۲۸	۰/۶۹۱	۰/۵۳۶	۰/۴۰۰	۰/۲۷۰
۰/۷۱	۰/۹۹۲	۰/۸۴۹	۰/۷۸۹	۰/۷۴۱	۰/۷۰۰	۰/۶۶۳	۰/۵۰۸	۰/۳۷۲	۰/۲۴۲
۰/۷۲	۰/۹۶۴	۰/۸۲۱	۰/۷۶۱	۰/۷۱۳	۰/۶۷۲	۰/۶۳۵	۰/۴۸۰	۰/۳۴۴	۰/۲۱۴
۰/۷۳	۰/۹۳۶	۰/۷۹۳	۰/۷۳۳	۰/۶۸۵	۰/۶۴۴	۰/۶۰۷	۰/۴۵۲	۰/۳۱۶	۰/۱۸۶
۰/۷۴	۰/۹۰۹	۰/۷۶۶	۰/۷۰۶	۰/۶۵۸	۰/۶۱۷	۰/۵۸۰	۰/۴۲۵	۰/۲۸۹	۰/۱۵۹
۰/۷۵	۰/۸۸۲	۰/۷۳۹	۰/۶۷۹	۰/۶۳۱	۰/۵۹۰	۰/۵۵۳	۰/۳۹۸	۰/۲۶۲	۰/۱۳۲
۰/۷۶	۰/۸۵۵	۰/۷۱۲	۰/۶۵۲	۰/۶۰۴	۰/۵۶۳	۰/۵۲۶	۰/۳۷۱	۰/۲۳۵	۰/۱۰۵
۰/۷۷	۰/۸۲۹	۰/۶۸۶	۰/۶۲۶	۰/۵۷۸	۰/۵۳۷	۰/۵۰۰	۰/۳۴۵	۰/۲۰۹	۰/۰۷۹
۰/۷۸	۰/۸۰۲	۰/۶۵۹	۰/۵۹۹	۰/۵۵۱	۰/۵۱۰	۰/۴۷۳	۰/۳۱۸	۰/۱۸۲	۰/۰۵۲
۰/۷۹	۰/۷۷۶	۰/۶۳۳	۰/۵۷۳	۰/۵۲۵	۰/۴۸۴	۰/۴۴۷	۰/۲۹۲	۰/۱۵۶	۰/۰۲۶
۰/۸۰	۰/۷۵۰	۰/۶۰۷	۰/۵۴۷	۰/۴۹۹	۰/۴۵۸	۰/۴۲۱	۰/۲۲۶	۰/۱۳۰	—
۰/۸۱	۰/۷۲۴	۰/۵۸۱	۰/۵۲۱	۰/۴۷۳	۰/۴۳۲	۰/۳۹۵	۰/۲۴۰	۰/۱۰۴	—
۰/۸۲	۰/۶۹۸	۰/۵۵۵	۰/۴۹۵	۰/۴۴۷	۰/۴۰۶	۰/۳۶۹	۰/۲۱۴	۰/۰۷۸	—
۰/۸۳	۰/۶۷۲	۰/۵۲۹	۰/۴۶۹	۰/۴۲۱	۰/۳۸۰	۰/۳۴۳	۰/۱۸۸	۰/۰۵۲	—
۰/۸۴	۰/۶۴۶	۰/۵۰۳	۰/۴۴۳	۰/۳۹۵	۰/۳۵۴	۰/۳۱۷	۰/۱۶۲	۰/۰۲۶	—
۰/۸۵	۰/۶۲۰	۰/۴۷۷	۰/۴۱۷	۰/۳۶۹	۰/۳۲۸	۰/۲۹۱	۰/۱۳۶	—	—
۰/۸۶	۰/۵۹۳	۰/۴۵۰	۰/۳۹۰	۰/۳۴۲	۰/۳۰۱	۰/۲۶۴	۰/۱۰۹	—	—
۰/۸۷	۰/۵۶۷	۰/۴۲۴	۰/۳۶۴	۰/۳۱۶	۰/۲۷۵	۰/۲۳۸	۰/۰۸۳	—	—
۰/۸۸	۰/۵۴۰	۰/۳۹۷	۰/۳۳۷	۰/۲۸۹	۰/۲۴۸	۰/۲۱۱	۰/۰۵۶	—	—
۰/۸۹	۰/۵۱۲	۰/۳۶۹	۰/۳۰۹	۰/۲۶۱	۰/۲۲۰	۰/۱۸۳	۰/۰۲۸	—	—
۰/۹۰	۰/۴۸۴	۰/۳۴۱	۰/۲۸۱	۰/۲۳۳	۰/۱۹۲	۰/۱۵۵	—	—	—
۰/۹۱	۰/۴۵۶	۰/۳۱۳	۰/۲۵۳	۰/۲۰۵	۰/۱۶۴	۰/۱۲۷	—	—	—
۰/۹۲	۰/۴۲۶	۰/۲۸۳	۰/۲۲۳	۰/۱۷۵	۰/۱۳۴	۰/۰۹۷	—	—	—
۰/۹۳	۰/۳۹۵	۰/۲۵۲	۰/۱۹۲	۰/۱۴۴	۰/۱۰۳	۰/۰۶۶	—	—	—
۰/۹۴	۰/۳۶۳	۰/۲۲۰	۰/۱۶۰	۰/۱۱۲	۰/۰۷۱	۰/۳۴	—	—	—
۰/۹۵	۰/۳۲۹	۰/۱۸۶	۰/۱۲۶	۰/۰۷۸	۰/۰۳۷	—	—	—	—
۰/۹۶	۰/۲۹۲	۰/۱۴۹	۰/۰۸۹	۰/۰۴۱	—	—	—	—	—
۰/۹۷	۰/۲۵۱	۰/۱۰۸	۰/۰۴۸	—	—	—	—	—	—
۰/۹۸	۰/۲۰۳	۰/۰۶۰	—	—	—	—	—	—	—
۰/۹۹	۰/۱۴۳	—	—	—	—	—	—	—	—

مراجع

IEC 70,70A - " Power capacitors "

IEC 56 - " High-voltage alternating-current circuit-breakers "

Part5 : " Rules for the selection of circuit-breakers for service "

Part6 : " Information to be given with enquiries , tenders and orders and rules for transport , erection and maintenance "

3- IEC 265 - " High voltage switches "

4- IEC 549 - " High voltage fuses for the external protection of shunt power capacitors "

5- " POWER CAPACITOR HANDBOOK "
T. Longland & T. W. Hunt & A. Breck
Butterworths 1984

۶- " استاندارد طرح پستهای ۶۳/۲۰ کیلو ولت "
مرحله اول ، جلد اول - " طرح مشخصات عمومی پستها "
شرکت مشانیر ۱۳۶۹