

خازن هوشمند یکپارچه و محاسبه ظرفیت خازن برای اصلاح ضریب قدرت مدار

با توضیح مختصر در باره استفاده از خازنهای مدل ستاره هوشمند و بررسی اندکی از مزایای خازن هوشمند به



بررسی و محاسبه خازن خواهیم رفت. جبران‌سازهای مدل ستاره تا به امروز در سیستم‌های قدرت ۲۰ کیلوولت به بالا و بیشتر در آخر خطها برای جبران‌سازی و بالابردن ولتاژ خط مورد استفاده قرار می‌گرفته و به دلیل رنج‌های بالای ولتاژ این خازنها و گران بودنشان عملاً در سیستم فشار ضعیف ۴۰۰ ولت هیچ بانک خازنی از مدل ستاره برای جبران‌سازی مورد استفاده قرار نمی‌گرفت و استفاده از این خازنها را غیر ممکن ساخته بود. اما جبران‌ساز هوشمند میکرو مدل ستاره بصورت یک پکیج ارائه شده که علاوه بر اینکه جبران‌سازهای ستاره را در سیستم فشار ضعیف ۴۰۰ ولت قابل استفاده ساخته و هم با طراحی و ساخت فوق العاده در رنج‌های کوچک و پایین آوردن

رنج ولتاژ کاری خازنها باعث بالابردن طول عمر خازنهای مورد استفاده و کم کردن هزینه‌هایی چون استفاده از خازنهای ۲۰ کیلوولت در کوره‌های القایی مورد استفاده از یک ترانس و پایین آوردن قدرت تشخیص از ۲۰ ثانیه به کمتر از ۳ ثانیه و بسیار کوچکتر کردن مدل جبران‌سازی بانک خازنی در جبران‌سازهای هوشمند که به خازنهای هوشمند معروف هستند دیگر نیازی به رگولاتور هوشمند، کنتاکتور، تابلو، فیلترهای پسیو (هارمونیک گیر) ندارند تنها با وصل کردن به مدار قدرت و یک سیتی نمونه بردار خودش توان راکتیو مورد نیاز رو سنس کرده و خازن مورد نیاز را برای جبران‌سازی وارد مدار میکند این جبران‌سازهای هوشمند میکرو قابلیت‌های زیادی دارند از جمله میتوانند در مجموعه‌های هارمونیک بالا دارند از جمله کارخانجات گروه فولاد، آلومینیوم، لوله پروفیل و کارخانه جاتی که دارای رکتیفایر (دستگاه‌های جوش) بدون نیاز به هارمونیک گیر وصل شوند و حداقل هشت برابر خازنهای معمولی عمر مفید داشته باشند. از دیگر خصوصیات این خازنها میتوان به وصل محلی بودن آن اشاره کرد (local) که در هر محلی می‌توانیم نصب کنیم از خصوصیات بارز دیگر این خازنها این است که موقع به مدار آمدن دیگر تشدید یا رزونانس ایجاد نمیکنن چون بارنجهای کوچکتر خازنها وارد مدار می‌شوند. مانند خازنهای قدیمی نیستند که هنگام به مدار آمدن یک جریان هجومی رو بکشند و تشدید و رزونانسی رو در مدار ایجاد کنن و بعد شروع به جبران‌سازی کنن.

محاسبه ظرفیت خازن برای اصلاح ضریب قدرت مدار

باری ۱۲۰ کیلوواتی با ولتاژ ۳۸۰ ولت ۵۰ هرتس و ضریب قدرت ۰/۷ با نصب خازن دارای ضریب قدرت ۰/۹۵ شده است. محاسبه توان راکتیو؟ و محاسبه ظرفیت خازن؟

$$P=120\text{kW PF1}=0.7 \text{ PF2}=0.95 \text{ C}=?$$

$$Q_C=P[\text{tg}(\text{ArcCosPF1})-\text{tg}(\text{ArcCosPF2})]=120*[\text{tg}(\text{ArcCos}0.7)-\text{tg}(\text{ArcCos}0.95)]=120*[\text{tg}45.57-\text{tg}18.19]=120*[1.02-0.328]=120*0.692=83\text{kvar}$$

$$Q_C=2\pi fCV^2 \text{ C}=Q_C/2\pi fV^2=83000/(2*3.14*50*380^2)=0.0018\text{f}=183\text{mf}$$

تصحیح ضریب قدرت در شبکه های توزیع (Power factor correction) مدارهای RC تولید کننده توان راکتیو و مدارهای RL، مصرف کننده توان راکتیو هستند. - با توجه به اینکه اکثر بارهای موجود در شبکه از نوع RL می باشند مانند موتورها، چوکها و بارهای دارای سیم بندی بنابراین با کاهش ضریب قدرت $K=\text{Cos}\phi$ توان راکتیو و به تبع آن توان ظاهری S و جریان کشیده شده از منبع افزایش می یابد.

برای کنترل توان ظاهری و بهینه کردن مصرف برق:

باید با استفاده از بارهای خازنی و یا وسایل تولید کننده توان راکتیو در شبکه ضریب قدرت را بهبود بخشید. اگر یک سیستم متعادل سه فاز، باری با توان حقیقی P و ولتاژ V و ضریب توان $\text{Cos}\phi$ را تغذیه کند، شدت جریان هر خط برابر $I=p/\text{sqrt}U\text{cos}\phi$ می شود بنابراین یک ضریب قدرت نامناسب و پایین با یک جریان زیاد مترادف خواهد بود و سه اثر مهم را در سیستم خواهد داشت:

- افزایش تلفات خط:

تلفات خط متناسب با مربع جریان است، بنابراین متناسب با مربع $1/\text{Cos}\phi$ می باشد، در نتیجه تلفات در ضریب قدرت ۰/۸ معادل $1/0.8=0.57$ برابر تلفات در ضریب قدرت واحد خواهد بود.

۲- کاهش قدرت مفید:

قدرت مفید ژنراتورها و ترانسفورماتورها متناسب با شدت جریان و در نتیجه متناسب با ضریب قدرت است و اگر ضریب قدرت پایین باشد ژنراتورها و ترانسفورماتورهای بزرگتری نیاز خواهد بود.

۳- افت ولتاژ:

ضریب قدرتهای کم که معمولا به صورت پس فاز هستند، موجب یک افت ولتاژ زیاد می شوند و در نتیجه تجهیزات اضافی برای تنظیم ولتاژ مورد نیاز خواهد بود. ضریب قدرت را می توان با استفاده از کندانسوهای سنکرون و یا ساکن ترقی داد. کندانسور سنکرون موتورهای سنکرون بی بار هستند که می توانند هم از شبکه Q بگیرند و هم به شبکه Q تزریق کنند و معمولا برای تنظیم ولتاژ خطوط انتقال انرژی استفاده می شوند.

بانکهای خازنی به صورت گسترده در سطح کارخانجات صنعتی برای بهبود ضریب قدرت استفاده می شوند. امروزه تغییرات سریع فناوریانه بر هیچ کسی پوشیده نیست. همه ابعاد زندگی ما از ساده ترین امور روزمره گرفته تا پیچیده ترین سیستم ها، تحت تاثیر تکنولوژی قرار دارند و هر روز شاهد آنیم که تکنولوژی، مسایل مختلفی را برای مان حل می کند و کارها را برایمان آسان می نماید. در این میان صنعت برق از این قاعده مستثنا نبوده و تغییرات چشمگیری در این صنعت و صنایع مشابه ایجاد شده است. به این ترتیب نسل جدیدی از خازنها به منظور جبران سازی توان راکتیو مصرفی، اصلاح کوسینوس فی، ضریب قدرت، کاهش تلفات کابلی و تلفات انرژی اکتیو که در کابلها به صورت حرارت خودش را نشان می دهد، طراحی و ساخته شده است (خازن هوشمند) با توجه با اینکه خازنهای معمولی توانایی پیوسته در مدار ماندن را ندارند و توانایی جبران سازی خود را زود از دست میدهند. ولی خازنهای هوشمند که خود به صورت بانک خازنی ارائه می شود یعنی هیچ نیازی به رگولاتور، کنتاکتور، کلید، تابلو و فیلترهای پسیو (هارمونیک گیر) ندارد.

بررسی اقتصادی بهبود ضریب قدرت:

بهبود ضریب قدرت در شبکه عمدتا و عموما به صورت تزریق بارهای راکتیو خازنی "کاپاسیتو" صورت می گیرد که این بارها به صورت موازی با سایر بارها نصب می شوند. عدم ترمیم ضریب توان موجب اعمال هزینه اقتصادی مستقیم به عنوان جریمه تعرفه به مصرف کننده می گردد و نیز یک هزینه اقتصادی غیر مستقیم از طریق اضافه جریان روی تولید و خطوط انتقال برای شبکه سراسری بوجود می آورد.

در بهبود ضریب توان میزان $K1 = \cos\phi_1$ و یا اصولا زاویه ϕ_1 را می توان در هنگام زیر بار بردن شبکه مشخص کرد و آن را از روی نشان دهنده $\cos\phi$ متر دقیقا خواند. در عمل در اکثر واحدهای صنعتی مانند ریسندگی ها کارخانجات ذوب فولاد و، این عدد بین ۰/۵ تا ۰/۸ است که عدد خوبی نمی باشد و البته ثابت هم نیست زیرا با ورود و خروج بارهای اندوکتیو ضریب توان تغییر می کند اما سؤال اینجاست که اگر بخواهیم این ضریب توان را بهبود بخشیم به چه عددی باید آن را افزایش دهیم؟ قاعدتا بهترین عدد برای ضریب توان "۱" است ($\phi_2 = 0$) ولی اگر $\cos\phi_2$ را روی عدد "۱" تنظیم کنیم سیستم پایدار نخواهد شد.

زیرا در شبکه های صنعتی میزان بار اندوکتیو با ورود و خروج تعداد موتورها و سایر بارهایی که اندوکتیو هستند تغییر می کند

اگر ما میزان ثابتی بار خازنی به شبکه اعمال کنیم در هنگام تغییرات بار اندوکتیو گاهی میزان بار اندوکتیو موجود کم می شود که مجددا ضریب توان از سمت بار خازنی به سمت کمتر از ۱ سقوط می کند، به عبارت دیگر ضریب توان پیش فاز خواهد شد که در نهایت مجددا موجب ایجاد یک ضریب توان بد می گردد

بهترین عدد برای $\cos\phi_2$ یا زاویه ϕ_2 چیست؟

اگر بخواهیم بطور تقریبی و بر اساس تجربه این کار را انجام دهیم میزان $\cos\phi_2 = 0.95$ در نظر گرفته می شود یعنی:

ضریب توان را در حد 0.95 مورد نظر قرار می دهیم.

اگر بخواهیم مقدار بهینه ϕ_2 را براساس هزینه ها و یا براساس میزان جریمه و میزان هزینه نصب خازن بررسی کنیم می توان به طریق زیر عمل کرد:

فرض کنید در شبکه مورد نظر ما قیمت یا تعرفه خرید قدرت برای هر KVA مبلغ A ریال است که برای یک ضریب توان $\cos\phi_1 = K_1$ مورد قبول برق منطقه ای باشد. اگر قدرت مورد مصرف P باشد، در اینصورت میزان قدرت ظاهری عبارت است از:

$$S_1 = p / \cos \phi_1$$

حال اگر ضریب توان شبکه خود را با نصب خازن تا $K_2 = \cos\phi_2$ ارتقا دهیم، در این حالت میزان

درخواست شبکه به مقدار زیر کاهش می یابد. $s_2 = k_2 / \cos \phi_2$

$\cos\phi_1 < \cos\phi_2$ است به همین دلیل با توجه به تعرفه A ریال برای هر کیلوولت آمپر قدرت مورد

تقاضا می توان نتیجه گرفت که با این کار به مقدار $A \cdot (p / \cos \phi_1 - p / \cos \phi_2)$ ریال در سال صرفه جویی شده است. در اینجا فرض براین است که قدرت P را براین مجموعه A ریال در سال صرفه جوی کرده ایم. اما در قبال این صرفه جویی هزینه تزریق خازن ها را بعنوان بارهای راکتیو خازنی متحمل شده ایم

میزان بار راکتیو خازنی مورد نیاز عبارت است از: $Q = p(\tan \phi_1 - \tan \phi_2)$ kvar

اگر هزینه نصب این مقدار خازن و نگهداری آن به صورت هزینه در سال، B ریال در هر kVAR باشد، در

آن صورت هزینه سالیانه این کار عبارت است از: $B \cdot p(\tan \phi_1 - \tan \phi_2)$

در این صورت میزان صرفه جویی کل در سال عبارت است از:

$$A \cdot p(1 / \cos \phi_1 - 1 / \cos \phi_2) - B \cdot p(\tan \phi_1 - \tan \phi_2)$$

در رابطه فوق کلیه کمیتها مانند A, B, P, ϕ_1 مقادیر ثابتی هستند و کمیت متغیر، میزان زاویه ϕ_2 است

در نتیجه می توان آن را به صورت تابعی از ϕ_2 به صورت ذیل نوشت:

$$F(\phi_2) = AP(1 / \cos \phi_1 - 1 / \cos \phi_2) - BP(\tan \phi_1 - \tan \phi_2)$$

حال باید دید تابع فوق که آن را می توان تابع صرفه جویی نامید، به ازای چه مقدار φ_2 ماکزیمم می شود؟ بنابراین باید مشتق این تابع نسبت به φ_2 صفر گردد.

$$Df(\varphi_2) = -A \sin \varphi_2 + B \cos \varphi_2 = 0$$

با حل معادله فوق میزان زاویه φ_2 به صورت $\sin \varphi_2 = B/A$ به دست خواهد آمد. رابطه فوق نشان می دهد که میزان φ_2 مستقل از مقدار اولیه آن یعنی φ_1 است و فقط بستگی به مقادیر A و B دارد.

نکته جالب این است که :

اقتصادی ترین زاویه پس فاز، مستقل از مقدار اصلی آن در تاسیسات مصرف کننده است

بهبود ضریب قدرت در ایستگاههای تولید نیرو نیز مانند مصرف کنندگان موثر است. زیرا هزینه تاسیسات یک نیروگاه متناسب با kVA است، در حالی که قدرت مفید خروجی kW است.

فرض می کنیم یک نیروگاه تولید نیرو دارای قدرت ظاهری اسمی S (بر حسب kVA) و ضریب قدرت $\cos \varphi_1$ باشد، هزینه $A.S$ و همچنین درآمد حاصل از قدرت خروجی $B.S \cos \varphi_1$ است (A و B ضرایب ثابت هستند)

اگر تجهیزات مورد نیاز این امر ضریب قدرت را به $\cos \varphi_2$ ترقی دهد، میزان خروجی $S \cos \varphi_2$ می شود و درآمد اضافی عبارت است از:

$$B.S(\cos \varphi_2 - \cos \varphi_1)$$

مقدار توان راکتیوی که باید تولید شود عبارت است از:

$$S(\sin \varphi_1 - \sin \varphi_2)$$

و هزینه مربوط به آن برابر است با:

$$C.S(\sin \varphi_1 - \sin \varphi_2)$$

بنابراین در آمد اضافی خالص، از بهبود ضریب قدرت خواهد شد:

حال باید ترتیبی داد که این درآمد اضافی ماکزیمم گردد. برای این منظور مشتق آن باید نسبت به φ_2 برابر با صفر قرار گیرد:

$$-BS \sin \varphi_2 + CS \cos \varphi_2 = 0$$

$$\tan \varphi_2 = C/B$$

در اینجا نیز مقدار φ_2 مستقل از φ_1 است.

محاسبه میزان خازن های ترمیم قدرت در شبکه:

محاسبه میزان خازن مورد نیاز جهت تغییر ضریب توان از $\cos \varphi_1$ به $\cos \varphi_2$ در دو حالت که هر یک کاربرد خاص خود را دارند انجام می گیرد.

الف) با ثابت فرض کردن قدرت حقیقی:

ب) با فرض ثابت بودن قدرت ظاهری:

الف) با ثابت فرض کردن قدرت حقیقی:

فرض کنید باید با در نظر گرفتن قدرت حقیقی یا توان حقیقی ثابت، به میزان P ، ضریب توان را از $\cos \varphi_1$ به $\cos \varphi_2$ افزایش دهیم. میزان بار راکتیو کاپاسیتو مورد نظر به صورت ذیل خواهد بود:

$$Q_1 = p \tan \varphi_1$$

$$Q_2 = p \tan \varphi_2$$

در حقیقت میزان ΔQ مقدار بار کاپاسیتوئی است که باید به شبکه تزریق گردد. تا معادل آن از بار اندوکتیو شبکه کسر گردد و ضریب توان از $\cos \varphi_1$ به $\cos \varphi_2$ تغییر داده شود.

$$\cos \varphi_2 = \cos(\arctan(\tan \varphi_1 - \Delta Q/P)) \quad \tan \varphi_2 = C/B$$

ب) با فرض ثابت بودن قدرت ظاهری:

$$Q = S \sin \varphi_1$$

$$\Delta Q = Q_1 - Q_2 = S(\sin \varphi_1 - \sin \varphi_2)$$

$$Q_2 = S \sin \varphi_2$$

برای تامین بار کاپاسیتو ظرفیت خازنی مورد نیاز عبارت است از:

C : ظرفیت خازن بر حسب فاراد

ΔQ : توان کاپاسیتو بر حسب kVAR

U : ولتاژ RMS نامی بر حسب ولت

ω : فرکانس زاویه ای

نحوه پله گذاری و تزریق به شبکه:

به علت متغیر بودن میزان انرژی راکتیو تولید شده توسط خود القاء ها میزان بار راکتیو خازنی بصورت یک پله وارد شبکه نمی شود، بلکه در هر لحظه بر اساس نیاز شبکه باید وارد گردد.

بنابراین میزان کیلووار محاسبه شده به پله های کوچک تر تقسیم و از طریق یک رگولاتور پله به شبکه وارد می گردد. که این کار در بانک خازنی هوشمند به صورت خودکار با یک رگولاتور کامپکت خازنی به صورت

هوشمند انجام می گیرد اگر کل بار راکتیو معادل Q کیلو وار باشد می توان آن را در پله های کوچک q کیلووار بصورت $Q=nq$ تقسیم نمود.
در عمل رگولاتور این کار را به ترتیب ذیل انجام می دهد:

مرحله اول: اندازه گیری توان اکتیو P و توان راکتیو Q_0 شبکه.

مرحله دوم: محاسبه ضریب توان شبکه از رابطه $ks \cos \phi_i = p/s$

مرحله سوم: محاسبه توان راکتیو Q برای رسیدن به ضریب توان مطلوب $Q=p(\tan \phi_2 - \tan \phi_1)$

مرحله چهارم: تزریق میزان Q کیلووار خازن به شبکه

همیشه Q تزریق شده بصورت مضربی از پله های q است

مرحله پنجم: تشخیص هارمونیک ها می باشد که خازن هوشمند به راحتی تشخیص داده و عملیات لازم برای مهار آن را انجام می دهد که رگولاتور های معمولی و خازن های سنتی قادر به انجام این کار نیستند.

مرحله ششم: حالت نويز گیری میباشد که خازنهای معمولی قادر به این کار نیستند ولی بانک خازن هوشمند با داشتن خازنهای ریز این مشکل را هم به راحتی برطرف می کند.

مثال:

اگر میزان بار راکتیو لازم مثلاً q ۳/۶ باشد.

اگر q ۳ کیلووار تزریق شود به ضریب توان مطلوب نرسیده ایم

اگر q ۴ کیلووار تزریق شود ضریب توان از میزان محاسبه شده بزرگ تر می شود و یا بصورت منفی مجدداً شبکه را در جهت خازنی قرار می دهد.

سوال اینجاست که راه حل کدام است؟

در پاسخ باید گفت بهتر است اندازه پله های q کوچک باشند ولی محدودیت این راه حل در آنجاست که تعداد کنتاکتورها و تجهیزات لازم، صرف نظر از آمپراژ آنها، بالا رفته و هزینه بالا می رود.
که این مشکل را هم خازن هوشمند با داشتن خازنها با کیلووار کوچکتر به راحتی حل کرده است.

بنابراین مناسبترین راه این است که اگر میزان خازن مورد نیاز Q کیلو وار باشد باید مقداری را در پله های بزرگتر و بقیه را در پله های کوچکتر تهیه نمود. در این حالت نوسان و خطا در نزدیکی پله کوچکتر صورت می گردد. اما با پیشبینی همه این مشکلات خازن هوشمند امروزه پا به عرصه صنعت گذاشته است.

تنظیم ضریب C/K :

نسبت C/K روی رگولاتور در حقیقت تعیین کننده دقت یا خطای تنظیم است.

C : میزان توان کوچکترین پله

K : نسبت تبدیل ترانسفورمر جریان در مسیر رگولاتور

مشاهده می شود که با کوچکتر بودن C میزان حساسیت تنظیم روی درجه C/K بهتر می شود. در مجموع در تنظیم رگولاتور شبکه بانکهای خازنی باید به نکات ذیل توجه داشت:

ولتاژی که برای رگولاتور توسط سازنده در نظر گرفته شده است با ولتاژ شبکه یکسان باشد.

در هنگام اتصال ترانسفورمرهای جریان CT و ولتاژ PT اگر پلاریته یکی از ترانس ها معکوس بسته شود چنانچه سیستم پس فاز القایی باشد، درجه رگولاتور ضریب توان را بصورت پیش فاز خازنی و در صورتیکه پیش فاز خازنی باشد آنرا پس فاز القایی نشان خواهد داد.

فازهای اتصال ترانسفورماتورهای CT و PT همانم باشند، یعنی اگر CT جریان R را نشان میدهد PT نیز ولتاژ R را نشان دهد. در این حالت چنانچه این اتصال ها همانم نباشند به طور کلی سیستم در جهت خواندن زاویه ضریب توان دچار خطا خواهد بود. اما در خازن هوشمند یک پارچه نیازی به تشخیص k و c و رنج اندازه آنها ندارد و بصورت اتوماتیک وار انجام می شود.

روشها یا اصلاح ضریب توان در مجموعه های سلفی و شبکه قدرت:

الف: اصلاح انفرادی

ب: اصلاح مرکزی

الف: اصلاح انفرادی.

اصلاح انفرادی در حالتی صورت می گیرد که برای هر بار سلفی، خازن با ظرفیت مناسب درکنار آن بار بصورت موازی نصب شود.

مزایای اصلاح انفرادی عبارت است از:

پایین آمدن بار سیم ها، کابلها و کلیدهای ارتباطی، و نیز در این حالت خازن نصب شده فقط در هنگام ورود بار سلفی به مدار اعمال می شود.

معایب این روش:

اضافه شدن تعداد خازنهای نصب شده می باشد. در مجموع می توان گفت که بیشترین کاربرد این روش ترمیم ترانس ها در حالت بی باری، ترمیم موتورهای با ظرفیت بالا و کار دائم و نیز موتورهای کم بار که در فاصله دور از محل تغذیه، مانند پست فشار ضعیف، قرار دارند.

همچنین از معایب دیگر این روش آن است که نصب خازن به ضریب همزمانی توجه نمی گردد و این امر باعث افزایش خازنهای نصب شده میگردد. در این حالت میزان خازن برای موتورها است که در این رابطه U ولتاژ نامی و I0 جریان حالت بی باری موتور است.

ب: اصلاح مرکزی

در این روش، اصلاح بصورت متمرکز مثلا در ورودی فشار ضعیف در پست های داخلی و یا در محل نصب تابلوهای فشار ضعیف اصلی انجام می شود و همانطور که ذکر شد میزان کل توان خازن ها در پله های متعدد تقسیم و از طریق رگولاتور و توسط کنتاکتورهای مربوطه به شبکه وارد و یا خارج می شوند.

مزایای این روش عبارتند از:

استفاده مفید از توان خازن نصب شده، کنترل کلی شبکه، نصب ساده تر و مصرف خازن کمتر با توجه به ضریب همزمانی و از معایب آن اینکه بار داخلی شبکه کم نشده است یعنی از گرم شدن سیمها و کابلها به داخل مجموعه کاسته نشده و همچنان مقداری از انرژی مجموعه در سیمها و کابلها به صورت گرما به هدر می رود و مخارجی هم جهت سیستم کنترل و رگولاتور باید پرداخت گردد.

بانک خازن هوشمند چو قابلیت شبکه کردن را دارا میباشد و با شبکه کردن خازنها تمامی این مشکلات به راحتی قابل حل میباشد.

روش اندازه گیری توان اکتیو و راکتیو از طریق کنتورهای اکتیو و راکتیو:

در این روش کنتورهای توان اکتیو و راکتیو در ابتدای کار خوانده می شوند و اعداد بعنوان مقادیر اولیه ثبت می گردند. ۸ ساعت بعد هر دو کنتور دوباره خوانده و اعداد نهایی ثبت می شوند و سپس در رابطه ذیل قرار می گیرند.

$$\tan \phi = (RM2 - RM1) / (AM2 - AM1)$$

RM1 و AM1 مقادیر کنتورهای راکتیو و اکتیو در مرحله اول هستند، RM2 و AM2 مقادیر این کنتورها در مرحله دوم یعنی پس از هشت ساعت کار آنها می باشند.

با بدست آمدن $\cos \phi$ و $\tan \phi$ و تعیین f از جدولهای مربوطه در انواع هند بوک ها و نیز انتخاب ضریب توان مطلوب مورد نظر یعنی $\cos \phi 2$ می توان میزان خازن مورد نظر Qc را از رابطه زیر بدست آورد.

$$Qc = (AM2 - AM1) \cdot h \cdot f / 8$$

در این رابطه K نسبت ترانس جریان (CT) کنتور می باشد.

مثال:

مقادیر اولیه کنتورهای اکتیو و راکتیو

RM1 = 311/2 کیلو وات ساعت

AM1 = 115/3 کیلو وات ساعت

مقادیر دوم کنتورهای اکتیو و راکتیو

RM2 = 321/2 کیلو وات ساعت

کیلو وات ساعت $AM2=124/6$

اگر ترانس جریان با نسبت A به ۱۵۰ به $۵ A$ ($150A/5A$) باشد عدد $K=30$ است و

$$\tan \phi = (321/2 - 311/2) / (124/6 - 115/3) = 1/08$$

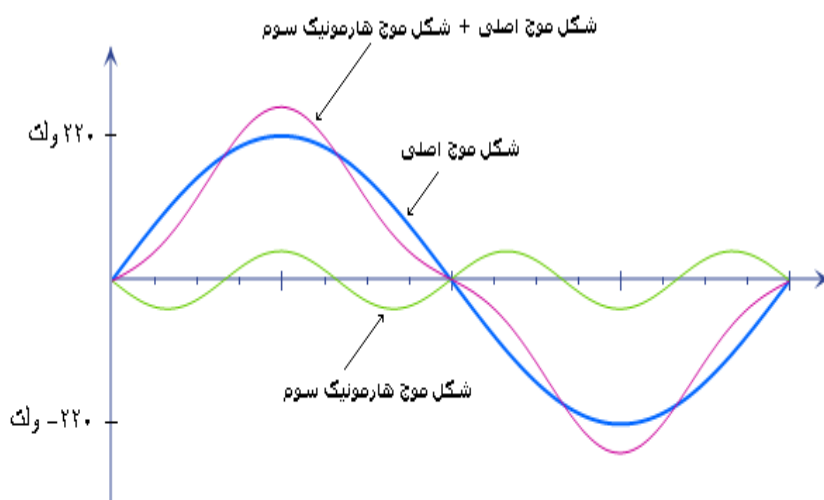
توان مطلوب مورد نظر ما برابر با ۰.۷۷ باشد ضریب f از جدول برابر با ۰.۶۵ می شود و میزان خازن مورد نیاز از رابطه ذیل به دست می آید.

$$Q = (aM2 - AM1) \cdot k \cdot f / 8 = (124/6 - 115/3) \cdot 3 \cdot 0.65 / 8 = 22.67 \text{ kvar}$$

اثر خازن بر هارمونیک های شبکه:

در شبکه های مصرف هر روز شاهد ورود دستگاهها و مصرف کنندگانی هستیم که بصورت غیر سینوسی از شبکه جریان می کشند. عبور این جریانها از امپدانس شبکه موجب افت ولتاژ بالایی شده و باعث بروز اعوجاج در شکل سینوسی ولتاژ می شود.

بارهایی که معمولا مولد هارمونیک ها هستند عبارتند از :



ترانسفورماتورها،

چک ها،

موتورهای القایی با دور متغیر ،

منابع تغذیه ups ،

منابع تغذیه تلویزیون و کامپیوتر،

و غیره که بارهای غیر خطی هستند

بانک های خازنی تزریق شده به شبکه به همراه اندوکتانس های موجود در شبکه تشکیل یک مدار رزونانسی می دهند فرکانس این رزونانس بصورت تقریبی از رابطه ذیل بدست می آید.

$$F=50*\sqrt{(sk/Q)}$$

که در آن Sk قدرت اتصال کوتاه شبکه و Qc ظرفیت خازن تزریق شده می باشد. میزان قدرت اتصال کوتاه Sk نیز با تقریب مناسب از رابطه $sk=0.9*(sn/Q)$ بدست می آید که در آن Sn توان ظاهری ترانسفورماتور شبکه است.

یادآوری میگرد که در هنگام رزونانسی، جریان موثر واحدهای خازنی بشدت افزایش می یابد که باید با نصب فیلترهای اکتیو مناسب حفاظت گردند.

جدول مقایسه بانک خازن سنتی، متمرکز و بانک خازن هوشمند یک پارچه میکرو

آیتم	بانک خازنی سنتی	بانک خازنی هوشمند
جریان هجومی	ایجاد می کند	ایجاد نمی کند
قابلیت نصب	فقط در اول خط	Local هر جا که تابلوی برق باشد
قابلیت پیوسته بودن در مدار	اگر پیوسته در مدار بماند عمری ۳الی ۶ماه دارند	قابلیت پیوسته در مدار ماندن را دارند با عمری بالای ۸سال
تشدید و رزونانس	ایجاد می کند	ایجاد نمی کند
گرم شدن سیم و کابل ها	ایجاد می کند	در صورت نصب local ایجاد نمی کند
ورود و خروج به مدار	۲۰ ثانیه	زیر ۳ ثانیه
زمان نمونه برداری	۲۰ ثانیه	زیر ۳ ثانیه
ساختار	مثلث	ستاره ای
پاک سازی شبکه از جریان راکتیو	توان پاک سازی کامل را ندارد	در صورت نصب local شبکه عاری از جریان راکتیو می شود

ندارد	دارد	نیاز به فیلتر هارمونیک
حداقل ۵ درصد	ندارد	بهینه سازی مصرف اکتیو
دارد	ندارد	برنامه کامپیوتری
حداقل ۸ سال	۶ الی ۳۶ ماه	دوام و عمر مفید خازنها در صورت نصب گسته
کمترین زمان ممکن	زمانبر	زمان نصب و اجرا
ندارد	دارد	هزینه تعمیر و نگهداری
ندارد	دارد	تلفات دائم در مدار بودن
دارد	ندارد	قابلیت شبکه کردن
ولتاژ را کاملاً بهینه می کند	تا حدودی	بهینه سازی ولتاژ
کمتر از بانک خازنی سنتی	-	هزینه بانک خازنی



اثرات زیست محیطی خازن های اصلاح:

در مجموع با نصب خازن های ترمیم کننده شبکه می توان بصورت بهینه انرژی الکتریکی را مصرف کرد و از هزینه تولید انرژی الکتریکی کاست این کاهش ضمن آنکه هزینه انرژی را اقتصادی تر می نماید باعث کاهش جریان در خطوط انتقال و کابل های رابط می شود و بطور مستقیم در پایین آمدن تلفات شبکه اثر می گذارد. حال با توجه به آنکه تولید انرژی الکتریکی در نیروگاه اغلب از سوخت های فسیلی صورت می گیرد بنابراین این امر در نهایت روی کاهش گازدی اکسید کربن در طبیعت اثر دارد.

محاسبات نشان می دهد که در سال ۱۹۹۹ سیستم های خازن اصلاح ضریب توان در شبکه های کشور آلمان باعث کاهش تلفات شبکه تا میزان ۹ بیلیون کیلووات ساعت بوده است که اگر این میزان کاهش تلفات را روی نیروگاه های سوختی آلمان تقسیم نماییم مشخص می شود که از انتشار حدود ۵ میلیون تن گاز دی اکسید کربن جلوگیری شده است.

نتیجه گیری

- بانک خازنی سنتی در ابتدای خط نصب و اجرا می شود و برای اجرای آن در جاهای دیگر کارخانه، دوباره به یک تابلو برق مجهز نیاز است که این کار هزینه های بیشتری ایجاد خواهد کرد.

- اگر بانک خازنی سنتی به طور پیوسته در مدار بماند، به مرور زمان کیفیت و عمر خازنها کاهش خواهد یافت.

- یکی از علل خرابی خازن های سنتی، هارمونیک ها می باشد.

- بانک خازنی سنتی در ۳۰ ثانیه اول، خودش مصرف کننده اکتیو می شود.

پیشنهاد

بهینه سازی مصرف برق، منجر به صرفه جویی قابل توجهی در انرژی می شود. فلسفه پشت ایده خازن هوشمند، بهبود کیفیت برق، بهره وری انرژی و بهینه سازی مصرف برق می باشد. ما محصولی را پیشنهاد می کنیم که نسبت به محصولات مشابه، مزایای بیشتری دارد و به شما امکان می دهد مصرف خود را بهینه و مقرون به صرفه تر کنید. بانک خازن هوشمند، پیشنهادی متمایز است. تمایزی که ریشه در نوآوری و قابلیت های عملکردی آن دارد.

کاربردی ترین و اقتصادی ترین گزینه اصلاح ضریب توان، بانک خازنی است و مقرون به صرفه ترین گزینه جهت بهینه سازی مصرف برق صنعتی. راه حلی که ما پیشنهاد می کنیم، از لحاظ اقتصادی منطقی ترین گزینه است

با تقدیم احترام

حسین شریفی

شماره تلفنهای پشتیبانی:

واتس آپ: ۰۹۱۴۴۴۶۰۹۷۷-۰۹۱۴۹۴۶۶۲۱۷

اینستا: @intelligent.capasitors

وب سایت: www.teslacap.ir

نویسنده: حسین شریفی

مدیرعامل شرکت آذر سولدوز تسلا

تنها تولید کننده خازن هوشمند یک پارچه در دنیا