



پرسش ۵-۱۳) در مسئله ۱۸ پیوست الف، یک لامپ فلورسنت ۴۰ وات با چوک، بر روی هم ۵۰ وات مصرف می‌کند. جریان لامپ با ولتاژ، ۲۲۰ ولت و فرکانس ۵۰ هرتز، ۰/۴۱۳ آمپر است. ضریب توان این لامپ چقدر است؟ (فروردین ۸۱ «۴۲»)

الف) ۰/۵۵ (ب) ۰/۵ (ج) ۰/۶ (د) ۰/۴۴

$$\cos \varphi = \frac{P}{U_p I} = \frac{50}{220 \times 0.413} = 0.55$$

پاسخ) محاسبه با در نظر گرفتن چوک انجام می‌شود:

گزینه الف صحیح است.

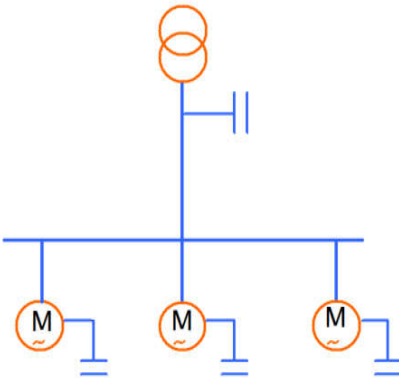
۵-۳ انواع خازن گذاری

۵-۳-۱ خازن گذاری انفرادی

در این خازن گذاری، برای هر بار، خازن اختصاصی نصب می‌شود.

الف) مزایا:

- حذف کامل توان راکتیو (به دلیل آنکه برای هر کدام از بارها، متناسب با توان راکتیو، خازن اختصاصی نصب می‌شود)
- کاهش سطح مقطع کابل
- عدم نیاز به کنترل خازن (به دلیل اینکه با قطع و وصل بار، خازن نیز قطع و وصل می‌شود؛ در واقع، یک کنتاکتور، برای بار و خازن کافی است)



ب) معایب:

شکل ۲-۵: نحوه خازن گذاری انفرادی

- بخش بودن سیستم (هر جایی که بار وجود دارد، باید یک خازن نصب کرد).
- هزینه نصب بالا
- نیاز به خازن با ظرفیت‌های متفاوت
- نیاز به بررسی و سرکشی
- وابستگی کامل به یک خازن و پایین آوردن توان راکتیو به دلیل خرابی همان خازن.

ج) کاربرد:

- موتورهای بزرگ (با قدرت‌های ۲۰۰ کیلووات به بالا)
- سیستم‌های چراغ‌های روشنایی از نوع تخلیه گازی (فلورسنت، بخار جیوه و بخار سدیم)
- حالت بی‌باری ترانسفورماتورها
- موتورهای دائم‌الکار و موتورهای کم‌بار با کابل طولانی

پرسش ۵-۱۴) مناسب‌ترین روش خازن گذاری از منظر صرفه‌جویی در مصرف انرژی کدام روش می‌باشد (اسفند ۱۴۰۲ نظارت «۹»؟)

الف) انفرادی

ب) گروهی

ج) متمرکز

د) شرایط هر سه روش یکسان می‌باشد.

پاسخ) خازن گذاری انفرادی بدلیل اینکه خازن در نزدیک‌ترین نقطه به هر مصرف‌کننده نصب می‌شود دارای بیشترین کاهش توان راکتیو و مصرف انرژی است. گزینه الف صحیح است.

نکته ۵-۶) قدرت نامی خازن‌های نصب شده برای موتورهای دارای جبران‌سازی انفرادی، ۳۵ تا ۴۰ درصد توان نامی موتور است؛ اما برای ترانسفورماتورها، ۲/۵ درصد ظرفیت ترانسفورماتور (۵ درصد در نوع قدیمی) می‌باشد.

پرسش ۵-۱۵) در مجموعه‌ای که دارای تعدادی موتور الکتریکی با توان اکتیو و راکتیو قابل ملاحظه ($\cos \phi > 0.85$) می‌باشد، مناسب‌ترین روش جبران و محل اتصال بانک‌های خازن، جهت جبران توان راکتیو، از دیدگاه کاهش تلفات انرژی درهادهای حامل جریان الکتریکی مصرف کننده، عبارت‌اند از: (خرداد ۸۹، «۳۵»)

الف) به صورت انفرادی مجاور و متصل به ترمینال‌های برق تغذیه هر موتور الکتریکی

ب) به صورت گروهی در تابلوی تغذیه مصارف موتوری

ج) به صورت گروهی در ورودی سرویس مشترک

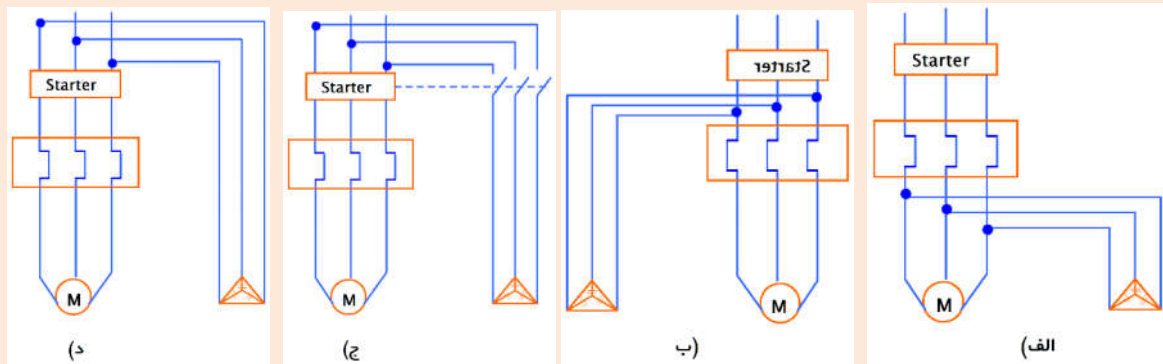
د) به صورت گروهی در پست ترانسفورماتور

پاسخ) با نصب خازن در محل بار، جهت جبران‌سازی انفرادی، امکان کاهش قابل توجه تلفات و اصلاح بهینه ضریب قدرت، مقدور بوده و توان راکتیو تا منبع، جبران‌سازی می‌شود. گزینه الف صحیح است.

این پرسش، مشابه پرسش «۳۰» اسفند ۹۵ نظارت است.

نکته ۷-۵) به منظور جلوگیری از رفتار ژنراتوری موتور جبران‌سازی شده با خازن، تغذیه خازن، باید قبل از سیستم استارتر انجام شود تا از تخلیه بار خازن روی موتور و حرکت مجدد آن جلوگیری شود مگر اینکه مکانیزم جداگانه‌ای برای خروج خازن بعد از متوقف کردن موتور وجود داشته باشد.

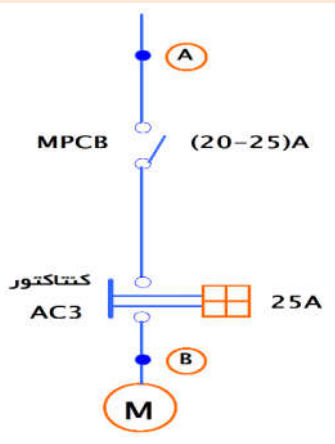
پرسش ۵-۱۶) کدام یک از گزینه‌های زیر، برای نصب خازن جهت موتوری که به صورت انفرادی کمپانزه می‌شود، مناسب‌تر است؟ (خرداد ۹۳، «۵۷»)



پاسخ) طبق نکته فوق، گزینه ج صحیح است.

این پرسش، مشابه پرسش فرداد ۱۴۰۴ امرا «۴۱» است.

پرسش ۵-۱۷) مدار تغذیه موتوری با مشخصات شکل زیر، مفروض است. قرار است موتور از طریق یک خازن به ظرفیت ۵ kVar، به صورت انفرادی جهت جبران توان (جریان) راکتیو استفاده گردد. با توجه به اطلاعات ارائه‌شده، مکان نصب خازن، کجا می‌باشد؟ توان = ۱۱ کیلووات، ضریب توان = ۰.۸۱، راندمان = ۰.۹۱ و ولتاژ ۴۰۰/۲۳۰ ولت. لازم به ذکر است که هنگام قطع مدار برق موتور، خازن نیز از مدار خارج می‌شود (مهر ۹۹، طراحی «۱۰»)



الف) نقطه A

ب) نقطه A و نقطه B

ج) با تغییر کلید MPCB به ظرفیت (۱۷-۲۳ آمپر) می‌توان در نقطه B قرار داد.

د) گزینه‌های الف و ج، هر دو صحیح است.

پاسخ) به منظور جلوگیری از ادامه چرخش موتور بعد از قطع جریان و تبدیل شدن آن به ژنراتور، نقطه A توصیه می‌شود. مقدار جریان در این حالت برابر است با:

$$I = \frac{P}{\eta \sqrt{3} U_L \cos \phi} = \frac{11000}{0.91 \times \sqrt{3} \times 400 \times 0.81} = 21.54A$$



گزینه الف صحیح است. با نصب در نقطه B، ضریب توان به صورت زیر قابل محاسبه است:

$$PF_2 = \cos \left(\tan^{-1} \left(\frac{Q_c}{P} - \tan \cos^{-1} (PF_1) \right) \right) = \cos \left(\tan^{-1} \left(\frac{5}{11} - \tan \cos^{-1} (0.81) \right) \right) = 0.96$$

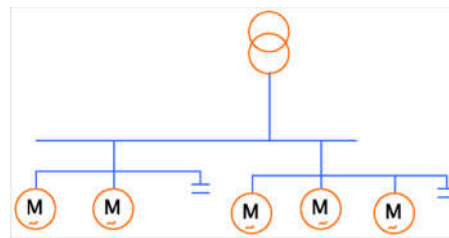
$$I = \frac{P}{\eta \sqrt{3} U_L \cos \varphi} = \frac{11000}{0.91 \times \sqrt{3} \times 400 \times 0.96} = 18.17 A$$

مقدار جریان در این حالت برابر است با:

پس می تواند در نقطه B، نصب شود اما تنها نگرانی همان ادامه کار موتور بعد از فرمان قطع است که در صورت پرسش تصریح شده که «هنگام قطع مدار برق موتور، خازن نیز از مدار خارج می شود». پس جایگذاری کلید MPCB با جریان کمتر، می توان خازن را در نقطه B نیز نصب کرد (گزینه ج صحیح است). گزینه د، کامل ترین پاسخ است.

۵-۳-۲ خازن گذاری گروهی

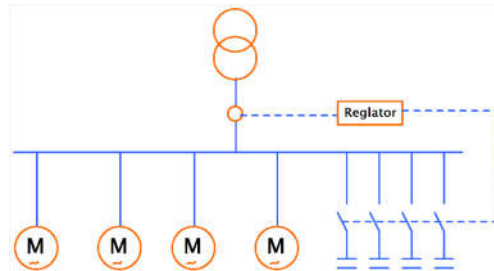
در ساختار خازن گذاری نشان داده شده در شکل زیر، برای مجموعه چند بار که می توان به صورت همزمان قطع و وصل کرد، یک خازن نصب می شود. مزیت اصلی این روش، حذف نسبتاً کامل توان راکتیو است. معایب خازن گذاری انفرادی و گروهی، مشابه هم هستند؛ اما شدت آن برای خازن گذاری گروهی، کمتر از خازن گذاری انفرادی است.



شکل ۵-۳: نحوه خازن گذاری گروهی

۵-۳-۳ خازن گذاری مرکزی

جبران سازی توان راکتیو مجموعه بار، با قطع و وصل همزمان را مجموعه ای از خازن انجام می دهد.



شکل ۵-۴: نحوه خازن گذاری مرکزی

الف) مزایا: نصب ارزان (در یک مکان متمرکز)، کاربری راحت، بررسی راحت و نیاز به نصب کمتر خازن.
ب) معایب:

- توان راکتیو در سیستم داخلی وجود دارد؛ یعنی کاهش میزان توان راکتیو، تنها پیش از نصب کلید است و در داخل سیستم، همچنان جریان راکتیو موجود است.
 - به سیستم کنترلی (تغییرات میزان توان راکتیو تولیدی بر اساس میزان بار مصرفی) نیاز دارد؛ از این رو، برای این نوع خازن گذاری، حتماً باید از رگولاتور خازن استفاده کرد.
- ج) کاربرد: در غالب مصارف، از این نوع خازن گذاری استفاده می شود.

نکته ۵-۸) میزان قدرت راکتیو نصب شده در جبران سازی مرکزی، ۲۵ تا ۳۳ درصد بار اکتیو مصرفی برای ضریب توان، ۰/۹ و ۴۰ تا ۵۰ درصد برای ضریب توان واحد است.

۵-۴ طراحی بانک خازنی

۵-۴-۱ پلکان های خازنی

توان راکتیو مصرفی شبکه، یک سطح و عدد ثابتی را در طول روزهای مختلف سال نداشته و مدام در حال تغییر است. برای متناسب کردن میزان توان تولیدی توسط خازن و توان راکتیو مصرفی شبکه، بانک خازنی در چندین پلکان طراحی می شود تا بر اساس نیاز به توان



راکتیو، تولید توان صورت گیرد. متناسب سازی مصرف و تولید توان راکتیو، با تغییرات نرم و با گام‌های کوچک پلکان‌های تعریف شده برای بانک خازنی انجام می‌شود. به همین دلیل، معمولاً، ظرفیت پلکان اول، نصف سایر پلکان‌ها است. این پلکان بیشترین تغییرات و کلیدزنی را دارد و از همه پلکان‌ها آسیب‌پذیرتر است.

پرسش ۵-۱۸) مشترک در مسئله ۱۱ پیوست الف، اگر برای هر ترانسفورماتور، یک مجموعه بانک خازنی پیش‌بینی شود، ظرفیت آن برابر است با: (با فرض اینکه بانک خازنی، پلکان ثابت ندارد و دیگر اینکه، سیستم مرحله رگولاتور به صورت ۱:۲:۲:۲:۲ می‌باشد). (فروردین ۸۱ «۲۹»)

الف) $1 \times 12.5 + 5 \times 20 \text{ kVar}$ (ب) $1 \times 25 + 5 \times 50 \text{ kVar}$ (ج) $1 \times 20 + 4 \times 40 \text{ kVar}$ (د) $1 \times 7.5 + 5 \times 15 \text{ kVar}$
 پاسخ) مقدار خازن لازم برای هر ترانسفورماتور، نصف ۵۳۶ کیلووار (قبلاً محاسبه شده). یعنی ۲۶۸ کیلووار است. با توجه به گزینه‌ها، تنها گزینه ب، می‌تواند این مقدار خازن را داشته باشد.

این پرسش، مشابه پرسش «۳۲» فرداد ۸۰ است.

پرسش ۵-۱۹) مشترک در مسئله ۱۱ پیوست الف، Step کاهش یا افزایش خازن در هر بانک خازنی، چقدر می‌باشد؟ (فروردین ۸۱ «۳۲»)

الف) ۱۲/۵ کیلووار (ب) ۲۵ کیلووار (ج) ۴۰ کیلووار (د) ۵۰ کیلووار
 پاسخ) Step کاهش یا افزایش خازن، برابر است با ظرفیت پلکان اول بانک خازنی که با توجه به این پرسش، ۲۵ کیلووار است. گزینه ب صحیح است.

نکته ۵-۱) منظور از پلکان کاهش یا افزایش، همان ظرفیت پلکان اول بانک خازنی است.

نکته ۵-۲) مجموع تعداد مراحل سیستم رگولاتور برابر مجموع اعداد (مراحل) رگولاتور بانک خازنی است.

پرسش ۵-۲۰) مشترک در مسئله ۱۱ پیوست الف، رگولاتور استفاده شده، دارای چند Step جهت افزایش یا کاهش خازن می‌باشد؟ (فروردین ۸۱ «۳۱»)

الف) ۶ پلکان (ب) ۵ پلکان (ج) ۱۱ پلکان (د) هیچ کدام

پاسخ) مجموع تعداد مراحل سیستم رگولاتور $(1+2+2+2+2)$ برابر است با ۱۱. گزینه ج صحیح است.

نکته ۵-۳) پله اول بانک خازنی، بیشترین کلیدزنی را داشته و ظرفیت خروجی بانک خازنی به اندازه ظرفیت این پله تغییر می‌کند.

پرسش ۵-۲۱) مشترک چنانچه رگولاتور بانک خازنی از نوع ۱:۱:۲:۲:۲ باشد و ظرفیت کوچکترین پلکان خازنی ۲۰ کیلووار باشد، ظرفیت کل بانک خازنی چقدر می‌باشد؟ (آذر ۹۰ «۵۳»)

الف) ۱۴۰ کیلووار (ب) ۱۶۰ کیلووار

ج) ۱۸۰ کیلووار (د) داده‌ها برای جواب

دادن به مسئله، کافی نمی‌باشد.

پاسخ) با توجه به اینکه ظرفیت پلکان‌های اول (کوچکترین پلکان) ۲۰ کیلووار و خازن دارای ۸ پلکان است، پس ظرفیت کل خازن برابر است با:

$$Q_C = 20 \times (1+1+2+2+2) = 160 \text{ kVar}$$

گزینه ب صحیح است.

این پرسش، مشابه پرسش‌های «۵۲» اسفند ۹۵ نظارت «۷» مهر ۹۸ نظارت و دی ۱۴۰۱ نظارت «۲۴» است.

۵-۴-۲) رگولاتور (رله کنترل توان راکتیو)

معمولاً محل نصب آن بر روی در تابلوی بانک خازنی بوده و تنظیم میزان تولید توان راکتیو تولیدی خازن با میزان توان راکتیو مصرفی، با هدف رسیدن به ضریب توان مطلوب، وظیفه اصلی رگولاتور است. این تنظیم بر اساس محاسبه ضریب توان موجود و مقایسه آن با ضریب توان هدف (معمولاً ۰/۹)، انجام می‌شود؛ پس می‌توان گفت که پارامترهای لازم در رگولاتور عبارت‌اند از:

- ضریب توان مطلوب: ضریب توانی که طراحی بانک خازنی، با هدف رسیدن به آن، انجام می‌شود.
- ضریب توان موجود مدار: کسینوس اختلاف زاویه ولتاژ و جریان، همان ضریب توان موجود است.



- برای اینکه بدانیم یک بانک خازنی، چه ظرفیت‌های خازنی را تولید می‌کند، باید به این موارد توجه کنیم:
- حداقل ظرفیت بانک: ظرفیت پلکان اول که معمولاً پلکان اول خازن معادل با ۱۰ تا ۲۰ درصد ظرفیت کل، انتخاب می‌شود.
- حداکثر ظرفیت بانک: ظرفیت پلکان اول ضرب در تعداد مراحل رگولاتور
- سایر ظرفیت‌ها: مضرب‌های پلکان اول

پرسش ۵-۲۲) مشترک رگولاتور بانک خازنی یک پروژه، از نوع ۱:۲:۲:۴ و ظرفیت کوچک‌ترین پلکان بانک خازن ۲۰ KVAR می‌باشد. کدام یک از ظرفیت‌های زیر، توسط این بانک خازن قابل تأمین نمی‌باشد؟ (مرداد ۱۴۰۰ نظارت «۴۴»)

الف) ۱۲۰ kVAR (ب) ۶۰ kVAR (ج) ۵۰ kVAR (د) هر سه گزینه، توسط بانک خازن قابل تأمین می‌باشد.

پاسخ) مجموع پلکان‌ها، برابر با ۱۱ (۱+۲+۲+۴) بوده و ظرفیت کوچک‌ترین پلکان نیز ۲۰ کیلووار است. پس تا ۲۲۰ کیلووار (۱۱×۲۰) با مضرب ۲۰ قابل تولید است. گزینه ج مضرب ۲۰ نبوده، در نتیجه، اشتباه می‌باشد و گزینه مورد نظر است.

نکته ۴-۵) در صورتیکه ظرفیت پله‌ها با هم برابر باشد، ظرفیت هر پله برابر است با ظرفیت کل تقسیم بر تعداد پله.

پرسش ۵-۲۳) در مسئله ۵۱ پیوست الف، مناسب‌ترین بانک خازنی این ساختمان برابر است با (اردیبهشت ۱۴۰۲ طراحی «۴۴»):

الف) $1 \times 12.5 \text{ kVAR} + 1 \times 25 \text{ kVAR} + 1 \times 50 \text{ kVAR} + 1 \times 100 \text{ kVAR}$
 ب) $5 \times 30 \text{ kVAR}$
 ج) $1 \times 10 \text{ kVAR} + 1 \times 20 \text{ kVAR} + 1 \times 40 \text{ kVAR} + 1 \times 80 \text{ kVAR}$
 د) گزینه‌های ب و ج هر دو صحیح است.

پاسخ) ظرفیت خازن مورد نیاز ساختمان از روی توان مصرفی و ضریب توان اولیه و اصلاح شده از رابطه زیر قابل محاسبه می‌باشد:

$$Q_c = P(\tan \cos^{-1} PF_1 - \tan \cos^{-1} PF_2)$$

که طبق صورت پرسش، توان مصرفی (قدرت قراردادی) ۳۵۰ کیلووات، ضریب توان اولیه ۰/۸ و ضریب توان اصلاح شده برای تمامی بارها معادل ۰/۹۵ می‌باشد. پس مقدار خازن مورد نیاز برابر خواهد بود با:

$$Q_c = P(\tan \cos^{-1} PF_1 - \tan \cos^{-1} PF_2) = 350(\tan \cos^{-1} 0.8 - \tan \cos^{-1} 0.95) = 147.46 \sim 150 \text{ kVAR}$$

مجموع پله‌های رگولاتور بانک خازنی ۱۵ عدد می‌باشد (۱+۲+۴+۸). پس برای بدست آوردن ظرفیت هر پله، باید ظرفیت کل بدست آمده را بر این مقدار تقسیم نماییم:

و بدین ترتیب مناسب‌ترین بانک خازنی عبارت خواهد بود از:

$$(1 \times 10) \text{ kVAR} + (2 \times 10) \text{ kVAR} + (4 \times 10) \text{ kVAR} + (8 \times 10) \text{ kVAR}$$

$$= (1 \times 10) \text{ kVAR} + (1 \times 20) \text{ kVAR} + (1 \times 40) \text{ kVAR} + (1 \times 80) \text{ kVAR}$$

گزینه ج صحیح است.

نکته ۵-۵) خطای رگولاتور، که تا حدی قابل چشم پوشی است، از حاصلضرب ضریب رگولاتور در ظرفیت پله اول بدست می‌آید. مجموع ظرفیت بانک خازنی را بدست آورده و اختلاف آن خطای رگولاتور مقایسه می‌کند؛ اگر کمتر از این خطا بود چشم‌پوشی کرده و ظرفیت پایین انتخاب می‌شود و در صورت بیشتر بودن، یک پله به ظرفیت بانک خازنی اضافه می‌شود.

پرسش ۵-۲۴) در مسئله ۵۱ پیوست الف، اگر مصرف برق ساختمان ۱۵۵ kW باشد، کدام یک از پله‌های بانک خازن در مدار خواهند بود (اردیبهشت ۱۴۰۲ طراحی «۴۵»)?

الف) $1 \times 20 \text{ kVAR} + 1 \times 40 \text{ kVAR}$ (ب) $1 \times 10 \text{ kVAR} + 1 \times 20 \text{ kVAR} + 1 \times 40 \text{ kVAR}$
 ج) $2 \times 30 \text{ kVAR}$ (د) گزینه‌های الف و ج هر دو صحیح است.

پاسخ) طبق رابطه پرسش قبل برای توان مصرفی ۱۵۵ کیلووات، مقدار خازن مورد نیاز برابر خواهد بود با:

$$Q_c = P(\tan \cos^{-1} PF_1 - \tan \cos^{-1} PF_2) = 155(\tan \cos^{-1} 0.8 - \tan \cos^{-1} 0.95) = 65.3$$

در صورت مسئله اشاره شده که میزان خطای رگولاتور، ۰/۶۵ کوچکترین پله بانک خازنی می‌باشد. (چنانچه ظرفیت محاسبه شده (زیر کوچکترین پله)، کوچکتر از ۰/۶۵ کوچکترین پله بود. آن را معادل صفر و در صورت بزرگتر بودن معادل کوچکترین پله در نظر بگیرید). برای اینکه بدانیم رگولاتور ظرفیت بدست آمده را چگونه می‌خواند، بررسی می‌کنیم که ۵/۳ جزو خطای رگولاتور محسوب می‌شود یا خیر:

$$65.3 - 60 = 5.3 \rightarrow 5.3 < (0.65 \times 10)$$



پس رگولاتور، ظرفیت خازن مورد نیاز برای خازن را ۶۰ کیلووار برآورد می‌کند. هر دو گزینه الف و ج این ظرفیت را تامین می‌کنند. اما آنچه حائز اهمیت است این است که طبق محاسبات انجام شده در پرسش قبل اصلاً پله ۳۰ کیلووار در این مجموعه بانک خازنی موجود نیست. پس تنها گزینه الف صحیح است.

نکته ۵-۶) برای پیدا کردن بازه توانی که به ازای آن، یک خازن وارد شده و توان راکتیو تولید می‌کند؛ شروط زیر بررسی می‌شود:

- حداکثر: توان راکتیو با در نظر گرفتن خطای رگولاتور
- حداقل: توان راکتیو بدون در نظر گرفتن خطای رگولاتور

پرسش ۵-۲۵) در مسئله ۵۱ پیوست الف، در کدام محدوده مصرف برق ساختمان، خازن $1 \times 40 \text{ kVar}$ در مدار خواهد بود (اردیبهشت ۱۴۰۲ طراحی «۴۶»؟)

الف) 85 kW تا 105 kW (ب) 90 kW تا 110 kW (ج) 70 kW تا 90 kW (د) 95 kW تا 115 kW

پاسخ) خازن $1 \times 40 \text{ kVar}$ زمانی وارد مدار می‌شود که دو پله $1 \times 10 \text{ kVar}$ و $1 \times 20 \text{ kVar}$ برای جبران‌سازی کافی نباشند. با توجه به اینکه میزان خطای رگولاتور $6/5 (10 \times 0/65)$ کیلووار است، تا زمانی که به $36/5 \text{ kVar}$ جبران‌سازی نیاز باشد، خازن $1 \times 40 \text{ kVar}$ وارد مدار نمی‌شود. با قرار دادن این عدد در رابطه محاسبه توان راکتیو داریم:

$$Q_c = P(\tan \cos^{-1} PF_1 - \tan \cos^{-1} PF_2) \Rightarrow 36.5 = P(\tan \cos^{-1} 0.8 - \tan \cos^{-1} 0.95)$$

$$\Rightarrow P = \frac{36.5}{(\tan \cos^{-1} 0.8 - \tan \cos^{-1} 0.95)} = 86.9 \text{ kW} \approx 90 \text{ kW}$$

مقدار به دست آمده، کران پایین بازه است. برای به دست آوردن کران بالا، باید مقدار توانی را به دست آوریم که به ازای آن، خازن $1 \times 40 \text{ kVar}$ از مدار خارج می‌شود. با توجه به خطای رگولاتور، تا زمانی که به جبران‌سازی $46/5 \text{ kVar}$ نیاز است، این خازن در مدار می‌ماند و بعد از آن از مدار خارج می‌شود. در نتیجه کران بالای بازه به صورت زیر به دست می‌آید:

$$Q_c = P(\tan \cos^{-1} PF_1 - \tan \cos^{-1} PF_2) \Rightarrow 46.5 = P(\tan \cos^{-1} 0.8 - \tan \cos^{-1} 0.95)$$

$$\Rightarrow P = \frac{46.5}{(\tan \cos^{-1} 0.8 - \tan \cos^{-1} 0.95)} = 110.71 \text{ kW} \approx 110 \text{ kW}$$

بنابراین گزینه ب صحیح است.

نکته ۵-۷) با قطع ترانسفورماتور، خازن آن اگر دقیقاً از خروجی کلید و قبل از کلید کوپلاژ باشد، از مدار خارج شده و عملاً توان راکتیو تولیدی آن صفر می‌شود.

پرسش ۵-۲۶) طراحی در مسئله ۵۲ پیوست الف، چنانچه مصرف بار شماره یک با ظرفیت 40 kW و مصرف بار شماره ۲ با ظرفیت 20 kW باشد، ظرفیت پله‌های هر بانک خازن چقدر می‌باشد (مهر ۱۴۰۲ طراحی «۳۱»؟)

- الف) بانک خازنی شماره یک: $(1 \times 25 \text{ kVar}) + 3(1 \times 50 \text{ kVar})$ ، بانک خازنی شماره دو: $2(1 \times 50 \text{ kVar})$ ،
- ب) بانک خازنی شماره یک: $4(1 \times 50 \text{ kVar})$ ، بانک خازنی شماره دو: $2(1 \times 50 \text{ kVar})$ ،
- ج) بانک خازنی شماره یک: $4(1 \times 50 \text{ kVar})$ ، بانک خازنی شماره دو: $(1 \times 25 \text{ kVar}) + 2(1 \times 50 \text{ kVar})$ ،
- د) بانک خازنی شماره یک: $(1 \times 25 \text{ kVar}) + 3(1 \times 50 \text{ kVar})$ ، بانک خازنی شماره دو: $(1 \times 25 \text{ kVar}) + 2(1 \times 50 \text{ kVar})$ ،

پاسخ) محاسبات ظرفیت بانک خازنی براساس توان مورد تقاضا است و نه توان نصب شده، در شکل مسئله توان نصب شده برای هر دو بار 60 kW بوده اما در صورت این پرسش، توان مورد تقاضا 40 kW و 20 kW کیلووات قید شده است. با توجه به اینکه ضریب توان اولیه بارها $0/8$ و ضریب توان اصلاح شده $0/96$ داده شده است، طبق روابط توان راکتیو و توان اکتیو داریم:

$$Q_{C1} = 400(\tan \cos^{-1} 0.8 - \tan \cos^{-1} 0.96) = 183.33 \text{ kVar} \quad \text{بانک شماره ۱:}$$

$$Q_{C2} = 200(\tan \cos^{-1} 0.8 - \tan \cos^{-1} 0.96) = 91.66 \text{ kVar} \quad \text{بانک شماره ۲:}$$



طبق صورت مسئله ضریب خطای رگولاتور ۰/۶۵ کوچکترین پله بانک خازنی است. کوچکترین پله ۲۵kVAR ظرفیت دارد. پس ضریب خطای رگولاتور برابر عدد ۱۶/۲۵ می‌شود. یعنی توان‌های راکتیو کوچکتر از این مقدار از نظر رگولاتور نادیده گرفته می‌شود و مقادیر بیشتر، تا ۲۵ کیلووار یک پله در نظر گرفته می‌شود. معمولا ظرفیت پله اول نصف سایر پلکان‌هاست. یعنی پله اول ۲۵ کیلووار و مابقی ۵۰ کیلووار هستند. با این حساب ظرفیت باید یکی از اعداد زیر باشد: (۲۵، ۵۰، ۷۵، ۱۰۰، ۱۲۵، ۱۵۰، ۱۷۵، ۲۰۰ و...) کیلووار) در انتخاب ظرفیت بانک خازنی تلاش بر آنست ظرفیتی انتخاب شود که مقدار خطای رگولاتور حداقل مقدار ممکن (کمتر از ۱۶/۲۵ کیلووار) باشد. مقدار خازن مورد نیاز برای بار شماره یک بین دو عدد ۱۷۵ و ۲۰۰ قرار می‌گیرد ($200 < 183.33 < 175$) و ظرفیت بانک خازنی را باید بر اساس ضریب خطای رگولاتور تعیین نمود. پس ظرفیت بانک خازن بار اول برابر خواهد بود با:

اختلاف توان راکتیو مورد نیاز ۱۸۳/۳۳ با دو ظرفیت استاندارد ۱۷۵ و ۲۰۰ کیلووار را محاسبه کرده و کمترین اختلاف را مبنای انتخاب ظرفیت قرار می‌دهیم:

$$\begin{cases} 200 - 183.33 = 16.67 \\ 183.33 - 175 = 8.33 \end{cases} \quad 8.33 < 16.25 \rightarrow Q_{C1} = 175kVAR = 25 + 50 + 50 + 50$$

دوم: در اینجا نیز به همین ترتیب ظرفیت محاسبه شده ۹۱/۶۶ کیلووار بین دو ظرفیت استاندارد ۷۵ و ۱۰۰ کیلووار بوده که ظرفیت بانک خازنی براساس کمترین خطای ممکن انتخاب می‌شود.

$$\begin{cases} 100 - 91.66 = 8.34 \\ 91.66 - 75 = 16.66 \end{cases} \quad 8.34 < 16.25 \rightarrow Q_{C2} = 100kVAR = 50 + 50$$

گزینه الف صحیح است.

نکته ۸-۵) در صورتیکه حداکثر توان راکتیو محاسبه شده (Q_C) مضربی از پله اول باشد، نیازی به اعمال ضریب خطای رگولاتور نیست.

پرسش ۵-۲۷) طراحی در مسئله ۵۲ پیوست الف، چنانچه مصرف بار شماره یک با ظرفیت ۴۰۰kW و مصرف بار شماره دو با ظرفیت ۲۰۰kW باشد و همچنین ترانسفورماتور شماره یک خراب باشد و هر دو بار توسط ترانسفورماتور شماره دو تغذیه گردد، ظرفیت پله‌های هر بانک خازن چقدر می‌باشد (مهر ۱۴۰۲ طراحی «۳۲»؟)

الف) بانک خازنی شماره یک: $(1 \times 25kVAR) + 3(1 \times 50kVAR)$ ، بانک خازنی شماره دو: $2(1 \times 50kVAR)$

ب) بانک خازنی شماره یک: $4(1 \times 50kVAR)$ ، بانک خازنی شماره دو: $2(1 \times 50kVAR)$

ج) بانک خازنی شماره یک: $(1 \times 25kVAR) + 3(1 \times 50kVAR)$ ، بانک خازنی شماره دو: $(1 \times 25kVAR) + 5(1 \times 50kVAR)$

د) هیچکدام

پاسخ) ترانسفورماتور شماره ۱ از مدار خارج شده. لذا بانک خازنی شماره ۱ به دلیل آنکه از خروجی این ترانسفورماتور نمونه‌برداری می‌کند، صفر می‌شود. و اما در مورد ترانسفورماتور شماره ۲، ابتدا باید ببینیم این ترانسفورماتور چه مقدار از بارها

$$S_1 + S_2 = \frac{P_1}{\cos \varphi_1} + \frac{P_2}{\cos \varphi_2} = \frac{400}{0.8} + \frac{200}{0.8} = 500 + 250 = 750kVA$$

را می‌تواند تامین کند:

پس یک ترانسفورماتور با توان ۱۲۵۰ کیلوولت‌آمپر می‌تواند به تنهایی هر دو بار را تغذیه نماید. پس ظرفیت بانک خازنی برابر

$$Q_{C2} = 600(\tan \cos^{-1} 0.8 - \tan \cos^{-1} 0.96) = 275kVAR$$

خواهد بود با:

ظرفیت کوچکترین پله بانک خازن هم ۲۵ کیلووار بوده و ظرفیت موردنیاز هم ضریبی از ۲۵ است، پس نیازی به اعمال ضریب خطا ندارد، بنابراین پله‌های بانک خازن عبارت خواهند بود با:

گزینه ج در مورد بانک خازنی شماره ۲ صحیح است، اما هیچ کدام از گزینه‌ها در باره بانک خازنی شماره ۱ درست نمی‌باشد. گزینه د پاسخ صحیح است.



پرسش ۵-۲۸) طراحی در مسئله ۵۲ پیوست الف، با توجه به سوال قبل (خرابی ترانسفورماتور شماره یک و تغذیه هر دو بار از طریق ترانسفورماتور شماره دو)، کدام یک از گزینه‌های زیر صحیح است؟ مصرف بار شماره یک و بار شماره دو با ظرفیت هر کدام 600 kW می‌باشد (مهر ۱۴۰۲ طراحی «۳۳»).

الف) ظرفیت (توان) ترانسفورماتور شماره دو جوابگوی مجموع دو بار شماره یک و بار شماره دو می‌باشد.

ب) ظرفیت (توان) ترانسفورماتور شماره دو جوابگوی مجموع دو بار شماره یک و بار شماره دو نمی‌باشد.

ج) ظرفیت (توان) ترانسفورماتور شماره دو جوابگوی دوبرابر مجموع بار شماره یک و بار شماره دو می‌باشد.

د) داده‌ها برای حل مسئله کافی نمی‌باشد.

پاسخ) مصرف بارهای شماره ۱ و ۲ هر کدام 600 کیلووات است. لذا برای مقایسه با ظرفیت ترانسفورماتور باید آن‌ها را به واحد

$$S_1 = S_2 = \frac{P}{\cos \varphi} = \frac{600}{0.8} = 750 \text{ kVA} \rightarrow S_1 + S_2 = 1500 \text{ kVA}$$

کیلوولت‌آمپر تبدیل کرد:

و اما ظرفیت ترانسفورماتور 1250 کیلوولت‌آمپر است که جوابگوی این مقدار از بار نمی‌باشد. گزینه ب صحیح است.

۳-۴-۵ ترانسفورماتور جریان

رگولاتور دستگاهی الکترونیکی است که اعمال ولتاژ به آن، به سادگی انجام می‌شود. با توجه به اینکه جریان در مدار ممکن است تا حد امکان افزایش یابد و این سطح جریان، قطعاً منجر به **ناپودی رگولاتور** شود؛ پس از یک CT (با خروجی ۵ آمپر) برای کاهش جریان استفاده می‌شود.

نکته ۹-۵) با توجه به اینکه میزان جریان CT کاهش یافته است و همچنین، محاسبه توان راکتیو خازن به توان اکتیو شبکه، وابسته است، پس باید **نسبت تبدیل CT** نیز برای **رگولاتور** مشخص باشد.

نکته ۱۰-۵) **نسبت ظرفیت پلکان اول (C)** تقسیم بر **ضریب تبدیل CT (k)** را «**کلاس دقت**» (**نسبت C/k**) می‌گویند. پس از مشخص شدن توان راکتیو مورد نیاز، باید آن را به نسبت مصارفی که در هر لحظه وارد مدار می‌شود، **پلکان‌بندی** و رگولاتور مناسب با این مجموعه را انتخاب کرد.

پرسش ۵-۲۹) در مسئله ۱۱ پیوست الف، نسبت تنظیم C/k (رگولاتور) هر مجموعه بانک خازنی، با فرض ضریب توان 0.7 ، چقدر می‌باشد؟ C = ظرفیت پلکان اول بانک خازنی k = ضریب تبدیل ترانسفورماتور جریان با ثانویه ۵ آمپر (فروردین ۸۱، «۳۰»)

الف) 0.38 / ب) 0.63 / ج) 0.1 / د) 0.125

پاسخ) در پرسش اول مسئله، گفته شده که ضریب توان 0.7 فرض شود و بار هر ترانسفورماتور 500 کیلووات است. پس ظرفیت CT برای هر بانک خازنی را می‌توان محاسبه کرد:

$$I_L = \frac{P_{in}}{\sqrt{3} U_L \cos \varphi} = \frac{500000}{\sqrt{3} \times 380 \times 0.7} = 1085 \text{ A} \rightarrow CT : 1250 / 5 \rightarrow K = 250$$

با توجه به پرسش دوم این مسئله، پلکان اول بانک خازنی 25 کیلووار است. پس:

$$C / k = 25 / 250 = 0.1$$

گزینه ج صحیح است.

این پرسش، مشابه پرسش‌های دی ۱۴۰۱ نظارت «۱۷»، دی ۱۴۰۱ اجرا «۳۶» و اسفند ۱۴۰۲ اجرا «۳۱» است.

پرسش ۵-۳۰) اگر C/K رگولاتور بانک خازنی به مقداری بیش از مقدار محاسبه شده تنظیم گردد، کدام یک از گزینه‌های زیر صحیح است (دی ۱۴۰۱ اجرا «۳۷»)?

الف) ظرفیت کوچکترین پله، بزرگتر از حد واقعی توسط رگولاتور بانک خازنی محاسبه می‌شود و در نتیجه خطا افزایش می‌یابد.

ب) ظرفیت کوچکترین پله، کوچکتر از حد واقعی توسط رگولاتور بانک خازنی محاسبه می‌شود و در نتیجه خطا کمتر می‌شود ولی امکان نوسان (قطع و وصل متوالی) یک پله وجود دارد.

ج) افزایش C/K به مقداری بیش از مقدار محاسبه شده توسط رگولاتور بانک خازنی، تاثیری در عملکرد رگولاتور بانک خازنی ندارد.

د) رگولاتور بانک خازنی کار نخواهد کرد.

پاسخ) با افزایش نسبت C/K ، ظرفیت پله اول افزایش می‌یابد و در نتیجه خطا رخ می‌دهد. گزینه الف صحیح است.

این پرسش، مشابه پرسش آبان ۱۴۰۳ نظارت «۲۲» است.