گزینه **د** صحیح است.

نکته ۷-۲) در صورتی که مقدار جریان زیاد باشد، به‌جای یک کابل از دو یا چند کابل استفاده می‌شود. در واقع، مجموعه کابل‌ها به‌صورت موازی قرار می‌گیرند. از این رو، امپدانس (مقاومت و راکتانس) و توان به تعداد کابل تقسیم می‌شود (مانند موازی کردن المان‌های مقاومتی مدار).

پرسش ۶-۲) در مسئله **۵** پیوست الف، چنانچه توان ۱۰۰ کیلوواتی توسط دو رشته کابل ۴ رشته‌ای تغذیه شود، حداقل سطح مقطع هر یک از دو رشته کابل را محاسبه کنید. (بهمن ۸۳ «۳۶»)

الف) $4\times25\ mm^2NYY$ ب) $4\times35\ mm^2NYY$ ج) $4\times50\ mm^2NYY$ د) $4\times70\ mm^2NYY$

پاسخ) انتقال توان توسط دو رشته انجام شده، پس توان ۱۰۰ واتی بین این دو توزیع شده است؛ از این رو، توان هر رشته برابر با ۵۰ کیلووات است. ضرایب هم‌جواری و تصحیح دما به ترتیب از جدول به ازای دو رشته کابل و دمای ۴۰ درجه معادل ۰/۸ و ۰/۸۷ استخراج می‌شود. پس جریان برابر است با:

$$I_L=\frac{P_L}{\rho_n\rho_T\sqrt{3}U_L\cos\varphi}=\frac{100000/2}{0.8\times0.87\times\sqrt{3}\times380\times0.75}=145.5A$$

با توجه به جریان مجاز کابل‌ها در رابطه مقابل:

$$130\le145.5\le155\Rightarrow4\times25\le A\le4\times35$$

گزینه **ب** صحیح است.

این پرسش مشابه پرسش های فروردین ۸۱ (۳۸)، خرداد ۸۲ (۳۴) و شهریور ۸۶ (۴۷) است.

پرسش ۷-۲) در مسئله **۵** پیوست الف، برای پرسش قبل افت ولتاژ برابر است با: (بهمن ۸۳ «۳۷»)

الف) ٪۱/۵۸ ب) ٪۲/۱۸ ج) ٪ ۲/۸۶ د) ٪۳/۸۵

پاسخ) با توجه به جدول باردهی سه‌فاز، مقدار مقاومت و راکتانس برای کابل ۴×۳۵ به ترتیب ۰/۶۲۷ و ۰/۰۸۳ اهم بر کیلومتر است. سطح مقطع به‌دست آمده در پرسش قبل، در دمای ۳۰ درجه در حالی‌که بهره‌برداری در دمای ۴۰ درجه انجام می‌شود، مقدار مقاومت با تغییر دما، تغییر می‌کند. با توجه به رابطه زیر می‌توان نوشت:

$$R_{c40}=1.2R_{30}=1.2\times0.627=0.7542\Omega/km$$

مقدار افت ولتاژ برابر است با:

$$\%\Delta V=\frac{100\times0.1\times50000\left(0.7542\times0.75+0.083\times0.66\right)}{380^2\times0.75}=2.86$$

گزینه **ج** صحیح است.

این پرسش مشابه پرسش خرداد ۸۲ (۳۸) است.

نکته ۸-۲) در انتخاب کابل از روی مقاومت، باید بزرگترین سطح مقطع کوچک‌تر از مقاومت محاسبه شده انتخاب شود تا از افت ولتاژ مجاز تجاوز نکند.

نکته ۹-۲) برای راحتی محاسبات، معمولا راکتانس کابل را می‌توان ۰/۰۸ اهم بر کیلومتر فرض کرد.

پرسش ۸-۲) در مسئله **۵** پیوست الف، چنانچه بخواهیم افت ولتاژ در پرسش قبل حداکثر ٪۲ باشد، حداقل سطح مقطع کابل برابر خواهد بود با: (بهمن ۸۳ «۳۸»)

الف) $4\times50\ mm^2NYY$ ب) $4\times70\ mm^2NYY$ ج) $4\times95\ mm^2NYY$ د) $4\times120\ mm^2NYY$

پاسخ) برای تعیین سطح مقطع از روی مقدار مشخص افت ولتاژ، باید با محاسبه مقدار مقاومت، نوع هادی را از جدول باردهی کابل‌های چهار رشته‌ای با توجه به مقدار مقاومت انتخاب کرد. دامنه تغییرات راکتانس محدود بوده و در حدود ۰/۰۸ اهم بر کیلومتر است. پس تنها مجهولِ پرسش مقدار مقاومت است، از این رو رابطه زیر را داریم:

$$\%\Delta V=\frac{100LP\left(R.\cos\varphi+X.\sin\varphi\right)}{U_L^2.\cos\varphi}\rightarrow2=\frac{100\times0.1\times50000\left(0.75R_{C40}+0.08\times0.66\right)}{380^2\times0.75}\rightarrow R_{C40}=0.5052\Omega/km$$

مقدار به‌دست آمده برای دمای ۴۰ درجه است، حال آنکه مقادیر جدول ضریب تقلیل دما، در دمای ۳۰ درجه صادق است، پس رابطه زیر را داریم:

$$R_{C30}=\frac{R_{C40}}{1.2}=\frac{0.5052}{1.2}=0.421\Omega/km$$

با توجه به جدول، سطح مقطع ۴×۷۰ بزرگ‌ترین کابل کمتر از مقدار بدست آمده بوده و گزینه **ب** صحیح است.

این پرسش مشابه پرسش شهریور ۸۶ (۴۶) است.

نکته ۱۰-۲) تعداد مسیرهای موازی نسبت عکس با افت ولتاژ دارد، هر چقدر مسیر موازی بیشتر شود (با ثابت بودن سایر پارامترها)، افت ولتاژ کمتر می‌گردد.

پرسش ۹-۲) در مسئله **۵** پیوست الف، چنانچه افت ولتاژ ماکزیمم ۲٪ مورد نظر باشد و بخواهیم توان بالا را از طریق کابل محاسبه شده در پرسش اول مسئله منتقل شود، تعداد رشته کابل‌ها را محاسبه کنید. (بهمن ۸۳ «۳۹»)

الف) ۳ رشته ب) ۴ رشته ج) ۵ رشته د) ۶ رشته

پاسخ) طبق نکته گفته شده، توان بر تعداد رشته‌های کابل تقسیم می‌شود؛ پس می‌توان نوشت:

$$\frac{\Delta V_1}{\Delta V_2}=\frac{n_2}{n_1}\rightarrow\frac{2.86}{2}=\frac{n_2}{2}\rightarrow n_2=2.86$$

البته می‌توان با استفاده از رابطه افت ولتاژ نیز به جواب رسید:

$$\%\Delta V=\frac{100L\frac{P}{n}\left(R.\cos\varphi+X.\sin\varphi\right)}{U_L^2.\cos\varphi}\rightarrow 2=\frac{100\times 0.1\times\frac{100000}{n}\left(1.2\times 0.627\times 0.75+0.083\times 0.66\right)}{380^2\times 0.75}\rightarrow n=2.87$$

گزینه **الف** صحیح است.

این پرسش مشابه پرسش خرداد ۸۲ (۳۶) است.

نکته ۱۱-۲) در صورت تعویض کابل‌های چهار یا سه و نیم رشته‌ای با کابل دو رشته‌ای، باید مقدار مجاز جریان کابل بررسی شود تا از حداکثر مقدار آن تجاوز نکند.

نکته ۱۲-۲) در محاسبه تعداد کابل‌های موازی از روی جدول، مبنای محاسبه حاصل‌ضرب $n.\rho_n$ است که باید کوچک‌ترین حاصل ضرب تعداد (n) در ضریب همجواری (ρ_n) موجود در جدول که بزرگ‌تر از مقدار $n.\rho_n$ است، انتخاب شود.

پرسش ۱۰-۲) در مسئله **۵** پیوست الف، چنانچه توان ۱۰۰ کیلووات از طریق کابل دو رشته‌ای (سیستم تک‌فاز TN-C-S) با سطح مقطع کابل محاسبه شده در پرسش اول این مسئله تغذیه شود، تعداد رشته کابل‌ها را محاسبه کنید. (بهمن ۸۳ «۴۰»)

الف) ۶ رشته ب) ۷ رشته ج) ۸ رشته د) ۹ رشته

پاسخ) برای محاسبه، از مقدار جریان مجاز به‌دست آمده در پرسش اول مسئله (۱۵۵ آمپر) استفاده می‌شود که برای این منظور، کوچک‌ترین جریان بزرگ‌تر از ۱۵۵ آمپر در بین جریان‌های تکفاز (۱۸۰ آمپر) انتخاب می‌گردد:

$$I_L=\frac{\frac{P}{n}}{\rho_n\rho_T U_P\cos\varphi}\rightarrow 180=\frac{\frac{100000}{n}}{\rho_n 0.87\times 220\times 0.75}\rightarrow n\rho_n=3.87$$

براساس نکته فوق، کوچک‌ترین حاصل‌ضریب $n.\rho_n$ که بزرگ‌تر از ۳/۸۷ است، تعداد ۸ و ضریب ۰/۵۲ می‌باشد که برابر ۴/۱۶ است. گزینه **ج** صحیح است.

پرسش ۱۱-۲) در مسئله **۵** پیوست الف، افت ولتاژ در پرسش قبل برابر است با: (بهمن ۸۳ «۴۱»)

الف) ۳/۷۹۱٪ ب) ۴/۲۶۴٪ ج) ۴/۸۷۴٪ د) ۵/۶۸۶٪

پاسخ) در این پرسش، توان به ۸ تقسیم شده و ضریب همجواری به ازای ۸ رشته نیز ۰/۵۲ می باشد. با توجه به اینکه در پرسش، محاسبات برای حالت تک‌فاز انجام شد، رابطه زیر را داریم:

$$\%\Delta V=\frac{200L\frac{P}{n}\left(R.\cos\varphi+X.\sin\varphi\right)}{U_P^2.\cos\varphi}=\frac{200\times 0.1\times\frac{100000}{8}\left(1.2\times 0.627\times 0.75+0.083\times 0.66\right)}{220^2\times 0.75}=4.264$$

گزینه **ب** صحیح است.

پرسش ۱۲-۲) بار سه‌فازی به ظرفیت ۹۰ کیلووات با ضریب توان ۰/۸ از طریق یک کابل به طول ۱۰۰ متر با سطح ولتاژ ۳۸۰ ولت تغذیه می‌شود. با توجه به اطلاعات جدول سطح مقطع کابل محاسبه کنید که افت ولتاژ ۲٪ باشد. (شهریور ۸۶ «۴۶»)

الف) ۴×۵۰ ب) ۴×۷۰ ج) ۴×۹۵ د) ۴ × ۱۲۰

پاسخ) $\%\Delta V=\frac{100LP\left(R.\cos\varphi+X.\sin\varphi\right)}{V^2\cos\varphi}\rightarrow 2=\frac{100\times 90000\times 0.1\left(0.8R+0.6X\right)}{380^2\times 0.8}\rightarrow 0.2567=0.8R+0.6X$

با فرض راکتانس برابر ۰/۰۸ اهم بر کیلومتر داریم: $0.2567 = 0.8R + 0.048 \rightarrow R = 0.25087\Omega / km$

پس رابطه مقابل برقرار است: $0.184<R<0.232 \Rightarrow 95<A<120$،

پس یکی از دو سطح مقطع ۹۵ یا ۷۰ درست است که با جایگزینی مقاومت و راکتانس کابل با سطح مقطع ۹۵ در رابطه افت ولتاژ، ملاحظه می‌شود که افت ولتاژ کمتر از ۷/۶ ولت و به‌عبارتی کمتر از ۲٪ است. گزینه **ج** صحیح است.

نکته ۱۳-۲) مقدار امپدانس بر حسب اهم به ازای a کابل موازی از رابطه زیر به‌دست می‌آید:

$$Z_L = \left(\frac{Z_C + Z_{PEN}}{a}\right)L \qquad (۱۱-۲)$$

که در آن، a، L، Z_C و Z_{PEN} به ترتیب تعداد مدارهای موازی، طول هادی، امپدانس هادی فاز و امپدانس هادی حفاظتی است.

پرسش ۱۳-۲) در مساله ۶ پیوست الف، اگر مقاومت هادی هواییِ ۵۰ میلی‌متر مربعی مسی ۰/۴۵ اهم بر کیلومتر و مقاومت خودالقایی آن ۰/۳۱۹ اهم بر کیلوآمپر باشد، امپدانس حلقه اتصال کوتاه تا نقطه A به کدام‌یک از مقادیر زیر نزدیک‌تر است؟(آذر ۷۷ «۹»)

الف) ۰/۰۹ ب) ۰/۰۶۳۸ ج) ۰/۱۲ د) ۰/۱۱

پاسخ) مقدار امپدانس اتصال کوتاه تا نقطه A برابر با مجموع امپدانس ترانسفورماتور و امپدانس خط از O تا A است. پس:

$$Z_{tot}^{A} = Z_T + Z_{OA}$$

از صورت مسئله داریم: $Z_T = R_T + jX_T = 0.00339 + j0.01333\Omega$

مقدار امپدانس خط OA نیز برابر است با (a=1): $Z_{OA} = \left(\frac{Z_L + Z_{PEN}}{a}\right)L$

با توجه به شکل، کابل OA دارای چهار سیم با سطح مقطع یکسان است؛ پس مقدار امپدانس کابل‌های فاز و حفاظت با هم برابر است، پس: $Z_{OA} = 2 \times Z_L \times L = 2\left(0.45 + j0.319\right) \times 0.1 = 0.09 + j0.0638\Omega$

مقدار امپدانس کل تا نقطه A برابر است با:

$$Z_{tot}^{A} = Z_T + Z_{OA} = \left(0.00339 + j0.01333\right) + \left(0.09 + j0.0638\right) = 0.934 + j0.07693 \rightarrow \left|Z_{tot}^{A}\right| = 0.12$$

گزینه **ج** صحیح است.

پرسش ۱-۳) در مسئله **Error! Reference source not found.** پیوست الف، اگر ترانسفورماتور نصب شده در پست برق دارای مشخصات زیر باشد: توان ظاهری ۶۳۰ کیلوولت آمپر، ولتاژ ۲۰ کیلوولت در اولیه و ۳۸۰ و ۲۲۰ ولت در ثانویه، مقاومت و راکتانس ترانسفورماتور به ترتیب ۰/۰۰۳۸ و ۰/۰۱۴۹ اهم. امپدانس حلقه اتصال کوتاه در صورت بروز اتصال فاز به بدنه تابلو برابر است با (خرداد ۹۳ «۲۶»):

الف) ۰/۰۵۳ اهم ب) ۰/۰۲۶ اهم ج) ۰/۰۵ اهم د) ۰/۰۳۲ اهم

پاسخ) در فصل قبل، رابطه زیر معرفی شد که برای راحتی محاسبه قسمت‌های مقاومت‌های اهمی و سلفی از آن تفکیک شده است:

$$Z_L = \left(\frac{Z_C + Z_{PEN}}{a}\right)L$$

با توجه به اینکه دو رشته هادی وجود دارد و مقطع هادی‌های حفاظتی و فاز با هم برابر است، پس:

$$R_{tot} = R_T + R_L = R_T + \frac{\left(R_C + R_{PEN}\right)}{a}L = 0.0038 + \frac{\left(0.092 + 0.092\right) \times 0.15}{2} = 0.0176\Omega$$

$$X_{tot} = X_T + X_L = X_T + \frac{\left(X_C + X_{PEN}\right)}{a}L = 0.0149 + \frac{\left(0.08 + 0.08\right) \times 0.15}{2} = 0.0269\Omega$$

$$\left|Z_{tot}\right| = \sqrt{\left(R_{tot}^2 + X_{tot}^2\right)} = \sqrt{\left(0.0176^2 + 0.0269^2\right)} = 0.032\Omega$$

گزینه **د** صحیح است.

این پرسش مشابه پرسش های تیر ۸۰ (۱۳) است.

نکته ۱۴-۲) امپدانس هادی هوائی نسبت به کابل زمینی (در شرایط یکسان) بیشتر و شدت جریان آن کمتر است.

پرسش ۱۴-۲) در مسئله ۶ پیوست الف، اگر به‌جای خط هوایی ۵۰×۴ میلی‌متر مربع از کابل زیرزمینی ۵۰×۴ میلی‌متر مربع استفاده شود، چه تغییراتی در شدت جریان‌های اتصال کوتاه محاسبه شده، حاصل شده است؟ (آذر ۷۷ «۱۴»)

الف) شدت جریان تغییر نمی‌کند. ب) شدت جریان کمی بیشتر می‌شود.

ج) شدت جریان خیلی بیشتر می‌شود. د) شدت جریان خیلی کمتر می‌شود.

پاسخ) اندازه امپدانس برای کابل زمینی: $Z_C = 0.387 + j0.08 \rightarrow |Z_C| = 0.395$

اندازه امپدانس هادی هوایی: $Z_L = 0.45 + j0.319 \rightarrow |Z_L| = 0.53$

با توجه به اینکه مقاومت کابل با افزایش دما نیز افزایش می‌یابد؛ بنابراین، نسبت بالا کوچک‌تر می‌شود. از آنجایی که شدت جریان اتصال کوتاه هم متناسب با عکس اندازه امپدانس اتصال کوتاه است؛ بنابراین شدت جریان کمی بیشتر می‌شود. گزینه **ب** صحیح است.

نکته ۱۵-۲) برای محاسبه جریان اتصال کوتاه به جای ولتاژ اسمی، بدلیل افت ولتاژ، باید مقدار کمتر از ولتاژ نامی (۹۵ درصد) را انتخاب کرد.

نکته ۱۶-۲) مقدار جریان اتصال کوتاه از رابطه زیر به‌دست می‌آید:

$$I_{SC} = \frac{C.U_P}{Z_{tot}} \qquad (۱۲-۲)$$

که در آن، U_P و Z_{tot} به ترتیب ولتاژ فاز و امپدانس کل است.

- C>1: اگر بخواهیم حداکثر جریان اتصال کوتاه را برای تعیین قدرت قطع کلیدها به‌دست آوریم، معمولاً C را بزرگ‌تر از عدد یک در نظر می‌گیریم. (مثلاً C=۱/۰۵)
- C<1: اگر بخواهیم حداقل جریان اتصال کوتاه را محاسبه و سیستم حفاظتی را حساس‌تر کنیم، معمولاً C را کوچک‌تر از عدد یک در نظر می‌گیریم. (مثلاً C=۰/۹۵ یا C=۰/۹).

طبق مبحث ۱۳، در محاسبه اتصال کوتاه C و U_p به ترتیب ۰/۹۵ و ۲۳۰ ولت است.

پرسش ۱۵-۲) در مسئله **۶** پیوست الف، با وجود اینکه خواسته شده در محاسباتِ مسئله از ولتاژ اسمی استفاده شود، برای محاسبه جریان اتصال کوتاه بین هادی فاز و هادی حفاظتی برای اطمینان از ایمنی در برابر برق‌گرفتگی، در عمل، ولتاژ را باید با توجه به کدام‌یک از گزینه‌های زیر انتخاب کرد؟ (آذر ۷۷ «۱۵»)

الف) برابر ولتاژ اسمی ب) کمی بیشتر از ولتاژ اسمی ج) کمی کمتر از ولتاژ اسمی د) خیلی کمتر از ولتاژ اسمی

پاسخ) از آنجایی‌که جریان وسایل حفاظتی با توجه به جریان اتصال کوتاه انتخاب می‌شود و آن هم متناسب با ولتاژ است و در عمل، افت ولتاژ در مدار وجود دارد؛ بنابراین، باید کمی کمتر از ولتاژ اسمی در نظر گرفت. گزینه **ج** صحیح است.

پرسش ۱۶-۲) در مسئله **۷** پیوست الف، اگر بین نقاط A و B تعداد کابل‌ها در داخل کانال ۱۵ عدد باشد، حداقل سطح مجاز هر یک از چهار رشته کابل مشابه بین دو نقطه A و B چقدر باید باشد؟ توان کل دائمی مصرفی در نقطه B در طرح‌واره ذکر شده است. دمای محیط استقرار کابل‌ها ۴۵ درجه سلسیوس است (تیر ۷۸ «۱۳»).

الف) ۳×۱۵۰/۷۰ میلی‌متر مربع ب) ۳×۱۸۵/۹۵ میلی‌متر مربع

ج) ۳×۲۴۰/۱۲۰ میلی‌متر مربع د) ۳×۳۰۰/۱۵۰ میلی‌متر مربع

پاسخ) مقدار ضرایب تصحیح برای دمای ۴۵ درجه و هم‌جواری ۱۵ کابل به ترتیب ۰/۷۹ و ۰/۴۸ است؛ پس مقدار جریان برابر است با:

$$I_L = \frac{P_L/n}{\sqrt{3}\rho_n\rho_T U_L \cos\varphi} = \frac{300000/4}{\sqrt{3}\times 0.48\times 0.79\times 400\times 0.75} = 380.6A$$

با توجه به جدول کابل‌ها، می‌توان نوشت: $375 \langle I_L \langle 425 \rightarrow 240 \langle A \langle 300$

بنابراین سطح مقطع هر رشته کابل برابر ۳×۳۰۰/۱۵۰ خواهد بود. گزینه **د** صحیح است.

✂ **به همین ترتیب، سطح مقطع هادی C-D: ۳×۷۰/۳۵، سطح مقطع هادی C-E: ۳×۱۶/۱۰، سطح مقطع هادی C-F: ۳×۳۰۰/۱۵۰ می‌باشد.**

نکته ۱۷-۲) اگر افت ولتاژ در یک نقطه خواسته شود، کل افت ولتاژ خط از منبع تا آن نقطه محاسبه و با هم جمع می‌شود.

پرسش ۱۷-۲) در مسئله **۷** پیوست الف، اگر با وجود جواب به‌دست آمده سطح مقطع کابل‌های سیستم توزیع چنان انتخاب شود که در شکل ذکر شده است، افت ولتاژ در نقطه B در دمای ۳۰ درجه با کدام‌یک از مقادیر زیر مطابقت دارد؟ (با ۱۰٪ تقریب) (تیر ۷۸ «۲۰»)

الف) ۰/۱۴٪ ب) ۰/۴۲٪ ج) ۱/۴٪ د) ۲٪

پاسخ) با توجه شکل، سطح مقطع ۲۴۰ میلی‌متر مربع است؛ پس از روی جدول سطح مقطع، مقادیر مقاومت و راکتانس را به ترتیب ۰/۰۷۵ و ۰/۰۷۷ اهم بر کیلوآمپر است. همچنین، مقادیر داده شده برای مقاومت برای دمای ۲۰ درجه صادق است، حال آنکه در صورت مسئله، دما ۳۰ درجه داده شده است. بنابراین، $R_{C40}/R_{C20}=1.2\rightarrow R_{C40}=1.2R_{C20}=1.2\times0.075=0.09\Omega/km$

برای توان ۳۰۰ کیلوواتی چهار خطه با طول ۲۰۰ متر می‌توان نوشت:

$$\Delta V_{AB}\%=\frac{100\frac{P_L}{n}L\left(R_{C40}\cos\varphi+X\sin\varphi\right)}{U_L^2\cos\varphi}=\frac{100\times\frac{300000}{4}\times0.2\left(0.09\times0.75+0.077\times0.66\right)}{400^2\times0.75}=1.479$$

گزینه **ج** صحیح است.

پرسش ۱۸-۲) در مسئله **۷** پیوست الف، اگر با وجود جواب به‌دست آمده از پرسش‌های بالا سطح مقطع کابل‌های سیستم توزیع چنان انتخاب شود که در شکل ذکر شده است، افت ولتاژ در نقطه C در دمای ۳۰ درجه با کدام یک از مقادیر زیر مطابقت دارد؟ (با ۱۰٪ تقریب) (تیر ۷۸ «۲۱»)

الف) ۰/۳٪ ب) ۳٪ ج) ۵٪ د) هیچ‌کدام

پاسخ) با توجه شکل، سطح مقطع ۱۸۵ میلی‌متر مربع است که می‌توان مقادیر مقاومت و راکتانس را به ترتیب ۰/۰۹۹ و ۰/۰۷۷ اهم بر کیلوآمپر می باشد. همچنین، مقادیر داده شده برای مقاومت برای دمای ۲۰ درجه صادق است، حال آنکه در صورت مسئله، دما ۳۰ درجه داده شده است. پس، $R_{C40}/R_{C20}=1.2\rightarrow R_{C40}=1.2R_{C20}=1.2\times0.099=0.1188\Omega/km$

برای توان ۲۰۰ کیلوواتی دو خطه با طول ۱۵۰ متر می‌توان نوشت:

$$\Delta V_{BC}\%=\frac{100\frac{P_L}{n}L\left(R_{C40}\cos\varphi+X\sin\varphi\right)}{U_L^2\cos\varphi}=\frac{100\frac{200000}{2}0.15\left(0.1188\times0.75+0.077\times0.66\right)}{400^2\times0.75}=1.749$$

حال با توجه به مقدار به‌دست آمده در پرسش قبل، مقدار افت ولتاژ در نقطه C برابر است با:

$$\Delta V_C\%=\Delta V_{AB}\%+\Delta V_{BC}\%=1.479+1.749=3.22\pm0.322\%$$

گزینه **ب** صحیح است.

✂ **به همین ترتیب، افت ولتاژ در نقطه D: ۳/۹۷۲، افت ولتاژ در نقطه E: ۳/۳۶ و افت ولتاژ در نقطه F: ۳/۴۷۵ است.**

پرسش ۱۹-۲) در مسئله **۷** پیوست الف، اگر در نقطه A اتصالی بین یک هادی فاز و هادی حفاظتی/خنثی (PEN) اتفاق بیفتد، شدت جریان اتصال کوتاه چقدر خواهد بود؟ (تیر ۷۸ «۲۶»)

الف) ۳۰ تا ۴۰ کیلوآمپر ب) ۲۰ تا ۳۰ کیلوآمپر ج) ۱۰ تا ۲۰ کیلوآمپر د) ۱ تا ۱۰ کیلوآمپر

پاسخ) نقطه A دقیقا خروجی ترانسفورماتور بوده و امپدانس آن برابر امپدانس داخلی ترانسفورماتور (Z_T) است،

$$Z_{tot}^A=Z_T=R_T+jX_T=0.00276+j0.01168\rightarrow\left|Z_{tot}^A\right|=0.012\Omega$$

جریان اتصال کوتاه برابر است با: $I_{SC}^A=\frac{C.U_P}{\left|Z_{tot}^A\right|}=\frac{0.95\times230}{0.012}=18kA$

گزینه **ج** صحیح است.

پرسش ۲۰-۲) در مسئله **۸** پیوست الف، اگر در نقطه B اتصالی بین یک هادی فاز و هادی حفاظتی/خنثی (PEN) اتفاق بیفتد، شدت جریان اتصال کوتاه چقدر خواهد بود؟ (تیر ۷۸ «۲۷»)

الف) ۷/۵ تا ۱۰ کیلوآمپر ب) ۵ تا ۷/۵ کیلوآمپر ج) ۲/۵ تا ۵ کیلوآمپر د) ۱ تا ۲/۵ کیلوآمپر

پاسخ) اتصال کوتاه در نقطه B شامل ترانسفورماتور و خط AB است. بنابراین خواهیم داشت: $Z_{tot}^B=Z_T+Z_L^{AB}$

با توجه به شکل و جدول مسئله، خط AB دارای مشخصات زیر است: $A_C^{AB}=240,A_{PEN}^{AB}=120,L=200=0.2km$

$$Z_C^{AB}=R_C^{AB}+jX_C^{AB}=0.075+j0.077\Omega/km,Z_{PEN}^{AB}=R_{PEN}^{AB}+jX_{PEN}^{AB}=0.153+j0.077\Omega/km$$

مقدار امپدانس با چهار کابل موازی از رابطه زیر به‌دست می‌آید:

$$Z_L^{AB}=\frac{Z_C^{AB}+Z_{PEN}^{AB}}{a}L=\frac{\left(0.075+j0.077\right)+\left(0.153+j0.077\right)}{4}\times0.2=0.0114+j0.077\Omega$$

مقدار امپدانس کل به‌دست می‌آید:

$$Z_{tot}^{B} = Z_T + Z_L^{AB} = (0.00276 + j0.1168) + (0.0114 + j0.077) = 0.01416 + j0.01938\Omega$$
$$\left|Z_{tot}^{B}\right| = 0.024\Omega \rightarrow I_{SC}^{B} = \frac{C.U_P}{\left|Z_{tot}^{B}\right|} = \frac{0.95 \times 230}{0.024} = 9.1kA$$

گزینه **الف** صحیح است.

پرسش ۲۱-۲) در مسئله **۸** پیوست الف، در شکل، سه شاخه انتهایی که به تابلوی C وصل هستند، جمعا ۱۱ خانه را تغذیه می‌کنند که مشابه هم بوده و توان درخواستی (دیماند) هر یک ۱۰ کیلووات است. حداکثر مصارف هر شاخه و همچنین، کل مصارف هر تابلو و سیستم را با توجه به ضریب هم‌زمانی از منحنی شکل می‌توان استخراج کرد. اگر بین نقاط C و E و یا F سه کابل در یک کانال عبور کرده باشند و دمای محیط ۳۰ درجه سلسیوس باشد، سطح مقطع هادی کدام است؟ (اردیبهشت ۷۹ «۵۰»)

الف) ۴×۱۰ میلی‌متر مربع ب) ۴×۱۶ میلی‌متر مربع ج) ۳×۲۵/۱۶ میلی‌متر مربع د) ۳×۳۵/۱۶ میلی‌متر مربع

پاسخ) در این پرسش، ابتدا باید جریان مجاز هر مدار را با توجه به شرایط محیطی و اعمال ضرایب تصحیح لازم از قبیل دما و هم‌جواری تعیین کرد، سپس با توجه به جدول جریان مجاز کابل‌ها، سطح مقطع مورنیاز را انتخاب کرد. تعداد کابل‌ها در یک کانال ۳ و دما هم ۳۰ درجه است؛ بنابراین، ضرایب تصحیح عبارت‌اند از: $n = 3 \rightarrow \rho_n = 0.7, T = 30 \rightarrow \rho_T = 1$

برای تعیین دیماند موردنظر هر مدار، از آنجایی که تعداد واحد آپارتمان بین نقاط C و E یا F، ۳ است، با توجه به منحنی ضریب هم‌زمانی رابطه مقابل را داریم: $CF = 0.725 \rightarrow P_L = CF\sum_{i=1}^{3} P_i = 0.725 \times 3 \times 10 = 21.75kW$

جریان مجاز کابل برابر است با: $I_L = \frac{P_L}{\sqrt{3}U_L\rho_n\rho_T\cos\varphi} = \frac{21750}{\sqrt{3} \times 380 \times 0.7 \times 1 \times 0.75} = 62.94A$

با توجه به اینکه جریان مجاز کابل‌ها بین ۶۲ و ۸۰ است طبیعتا سطح مقطع متناظر با جریان بزرگ‌تر را انتخاب می‌شود. بنابراین، سطح مقطع مورد نظر ۴×۱۶ خواهد بود. گزینه **ب** صحیح است.

پرسش ۲۲-۲) در مسئله **۸** پیوست الف، با توجه به متن پرسش قبل در شرایط مشابه، بین نقاط C و D حداقل سطح مقطع کابل چقدر باید باشد؟ (اردیبهشت ۷۹ «۵۱»)

الف) ۳×۲۵/۱۶ میلی‌متر مربع ب) ۳×۳۵/۱۶ میلی‌متر مربع ج) ۳×۵۰/۲۵ میلی‌متر مربع د) ۳×۲۰/۳۵ میلی‌متر مربع

پاسخ) ضرایب تصحیح همانند پرسش قبل است. تعداد آپارتمان‌ها در شاخه CD، ۵ است؛ پس با توجه به منحنی ضریب هم‌زمانی دیماند مدار برابر است با: $CF = 0.65 \rightarrow P_L = CF\sum_{i=1}^{5} P_i = 0.65 \times 5 \times 10 = 32.5kW$

جریان مجاز کابل برابر است با: $I_L = \frac{P_L}{\sqrt{3}U_L\rho_n\rho_T\cos\varphi} = \frac{32500}{\sqrt{3} \times 380 \times 0.7 \times 1 \times 0.75} = 94.05A$

با توجه به اینکه جریان مجاز کابل‌ها بین ۸۰ و ۱۰۵ است که طبیعتا سطح مقطع متناظر با جریان بزرگ‌تر را انتخاب می‌شود. بنابراین، سطح مقطع مورد نظر ۳×۲۵/۱۶ خواهد بود. گزینه **الف** صحیح است.

پرسش ۲۳-۲) در مسئله **۸** پیوست الف، با توجه به متن پرسش اول این مسئله در شرایط مشابه، بین نقاط B و C حداقل سطح مقطع کابل چقدر باید باشد؟ (اردیبهشت ۷۹ «۵۲»)

الف) ۳×۲۵/۱۶ میلی‌متر مربع ب) ۳×۵۰/۲۵ میلی‌متر مربع ج) ۳×۷۰/۳۵ میلی‌متر مربع د) ۳×۹۵/۵۰ میلی‌متر مربع

پاسخ) ضرایب تصحیح همانند پرسش اول این مسئله است. تعداد آپارتمان‌ها در شاخه CD، ۱۱ است؛ پس با توجه به منحنی ضریب هم‌زمانی دیماند مدار برابر است با: $CF = 0.55 \rightarrow P_L = CF\sum_{i=1}^{11} P_i = 0.55 \times 11 \times 10 = 60.5kW$

جریان مجاز کابل برابر است با: $I_L = \frac{P_L}{\sqrt{3}U_L\rho_n\rho_T\cos\varphi} = \frac{60500}{\sqrt{3} \times 380 \times 0.7 \times 1 \times 0.75} = 175A$

با توجه به اینکه جریان مجاز کابل‌ها بین ۱۵۰ و ۱۸۵ است طبیعتا سطح مقطع متناظر با جریان بزرگ‌تر را انتخاب می‌شود. بنابراین، سطح مقطع مورد نظر ۳×۷۰/۳۵ خواهد بود. گزینه **ج** صحیح است.

پرسش ۲۴-۲) در مسئله **۸** پیوست الف، با توجه به متن پرسش اول این مسئله، بین نقاط A و B حداقل سطح مقطع کابل چقدر باید باشد؟ (اردیبهشت ۷۹ «۵۳»)

الف) ۳×۹۵/۵۰ میلی‌متر مربع ب) ۳×۱۲۰/۷۰ میلی‌متر مربع ج) ۳×۱۵۰/۷۰ میلی‌متر مربع د) ۳×۱۸۵/۵۰ میلی‌متر مربع

پاسخ) توان مصرفی شاخه AB از دو قسمت P_4 و P_5 تشکیل شده که هر کدام از آن‌ها ۱۱ آپارتمان را تغذیه می‌کنند؛ بنابراین، شاخه AB مجموعا ۲۲ آپارتمان را تغذیه می‌کند. ضرایب تصحیح همانند پرسش اول این مسئله است. تعداد آپارتمان‌ها در شاخه CD، ۲۲ است؛ پس با توجه به منحنی ضریب هم‌زمانی دیماند مدار برابر است با:

$$CF = 0.45 \rightarrow P_L = CF\sum_{i=1}^{22} P_i = 0.45\times 22\times 10 = 99kW$$

جریان مجاز کابل برابر است با:

$$I_L = \frac{P_L}{\sqrt{3}U_L\rho_n\rho_T\cos\varphi} = \frac{99000}{\sqrt{3}\times 380\times 0.7\times 1\times 0.75} = 286.5A$$

با توجه به اینکه جریان مجاز کابل‌ها بین ۲۸۵ و ۳۲۵ است که طبیعتا سطح مقطع متناظر با جریان بزرگ‌تر را انتخاب می‌شود. بنابراین، سطح مقطع مورد نظر ۳×۱۸۵/۹۵ خواهد بود. گزینه **د** صحیح است.

پرسش ۲۵-۲) در مسئله **۸** پیوست الف، اگر سطح مقطع کابل‌های توزیع چنان انتخاب شود که در شکل ذکر شده است، افت ولتاژ در نقطه B در دمای ۳۰ درجه با کدام‌یک از مقادیر زیر مطابقت می‌کند؟ (با تقریب ۱۰٪) (اردیبهشت ۷۹ «۵۴»)

الف) ۰/۲۶ ٪ ب) ۰/۵۲ ٪ ج) ۲/۶ ٪ د) ۵/۲ ٪

پاسخ) با توجه به شکل، مقاومت و راکتانس کابل و داده‌های مسئله رابطه زیر را داریم:

$$A_C = 180mm^2 \rightarrow Z_C = R_C + jX_C = 0.099 + j0.077\Omega/km$$

مقاومت بالا در دمای ۲۰ درجه است؛ اما دمای پرسش ۳۰ درجه است. پس داریم: $R_{C30} = 1.2R_{C20} = 1.2\times 0.099 = 0.1188$

مقدار توان و مسافت در نقطه B به ترتیب ۹۹ کیلووات و ۰/۲ کیلومتر است، پس داریم:

$$\%\Delta V_{AB} = \frac{100P_L L\left(R_{C30}\cos\varphi + X_C\sin\varphi\right)}{U_L^2\cos\varphi}$$

$$= \frac{100\times 99000\times 0.2\left(0.1188\times 0.75 + 0.077\times 0.66\right)}{380^2\times 0.75} = 2.56\pm\%10 = 2.56\pm 0.256$$

گزینه **ج** صحیح است.

نکته ۱۸-۲) در بارهای توزیع شده در صورتی‌که سطح مقطع یکسان باشد، می‌توان مقدار طول معادل را از رابطه زیر بدست آورد:

$$L_e = \frac{\sum L_i I_i}{\sum I_i} = \frac{\sum L_i P_i}{\sum P_i} \qquad (۱۳-۲)$$

که در آن، P، L و I به ترتیب توان، طول و جریان است.

پرسش ۲۶-۲) در مسئله **۸** پیوست الف، در شرایط مشابه با پرسش قبل، افت ولتاژ در خط C-D در حداکثر دمای مجاز کابل با کدام‌یک از مقادیر زیر مطابقت دارد؟ (اردیبهشت ۷۹ «۵۶»)

الف) ۰/۶۵۱ ٪ ب) ۰/۰۵۷ ٪ ج) ۳/۳ ٪ د) ۷/۵ ٪

پاسخ) با توجه به شکل، مقاومت و راکتانس کابل و داده‌های مسئله داریم:

$$A_C = 25mm^2 \rightarrow Z_C = R_C + jX_C = 0.727 + j0.085\Omega/km$$

مقاومت بالا در دمای ۲۰ درجه است؛ اما دمای پرسش ۳۰ درجه است. پس داریم: $R_{C30} = 1.2R_{C20} = 1.2\times 0.727 = 0.8724$

مقدار توان در نقطه B برابر با ۳۲/۵۵ کیلووات است. برای پیدا کردن L معادل این شاخه از گشتاور الکتریکی استفاده می‌شود:

$$L_e = \frac{\sum L_i P_i}{\sum P_i} = \frac{\left(10\times 100\right)+\left(10\times 125\right)+\left(10\times 150\right)+\left(10\times 175\right)+\left(10\times 200\right)}{10+10+10+10+10} = 150m = 0.15km$$

$$\%\Delta V_{CD} = \frac{100P_L L_C\left(R_{C30}\cos\varphi + X_C\sin\varphi\right)}{U_L^2\cos\varphi}$$

$$= \frac{100\times 32500\times 0.15\left(0.8724\times 0.75 + 0.085\times 0.66\right)}{380^2\times 0.75} = 3.19\pm\%10 = 3.19\pm 0.319$$

گزینه **ج** صحیح است.

نکته ۱۹-۲) برای تبدیل افت ولتاژ برحسب درصد به افت ولتاژ بر حسب ولت از رابطه زیر استفاده می‌شود:

$$\Delta V\,\% = \frac{\Delta U}{U_L} \times 100 \rightarrow \Delta U = \frac{U_L \times \Delta V\,\%}{100} \qquad (۱۴-۲)$$

پرسش ۲۷-۲) در مسئله **۹** پیوست الف، افت ولتاژ کل مسیر موتور در شرایط عادی (شرایط کارکرد عادی موتور) چند درصد است؟ (اسفند ۹۱ «۵۶»)

الف) ٪۲/۵ ب) ٪۴/۵ ج) ٪۵ د) ٪۷/۵

پاسخ) افت ولتاژ در مسیر AB: در صورت مسئله، ۱۲ ولت داده شده است.

افت ولتاژ در مسیر BC: طول مسیر B تا C، ۰/۲ کیلومتر(۲۰۰ متر) با جریان ۱۲۰ آمپر در ضریب توان ۰/۸ است؛ پس مقدار افت ولتاژ مسیر B با توجه به جدول برابر با ۱۸ ولت (۰/۷۵×۰/۲×۱۲۰) است

افت ولتاژ کل: $\Delta U_{AC} = \Delta U_{AB} + \Delta U_{BC} = 12 + 18 = 30V \rightarrow \Delta V\% = \frac{\Delta U_{AC}}{U_L} \times 100 = \frac{30}{400} \times 100 = 7.5$

گزینه **د** صحیح است.

نکته ۲۰-۲) جریان عبوری از خط با افت ولتاژ آن نسبت مستقیم دارد.

پرسش ۲۸-۲) در مسئله **۹** پیوست الف، افت ولتاژ موتور هنگام راه‌اندازی چند درصد است؟ (از اختلاف فاز بین جریان در مسیر AB و جریان موتور در حالت راه‌اندازی صرف نظر شود.) (اسفند ۹۱ «۵۷»)

الف) ٪۷/۵ ب) ٪۱۰/۲۵ ج) ٪۱۳/۲۵ د) ٪۱۴/۳۹

پاسخ) افت ولتاژ در مسیر AB: مقدار افت ولتاژ در مسیر A به B، به ازای جریان ۱۰۰۰ آمپری ۱۲ ولت است. در صورت مسئله، بیان شده که مقدار جریان راه‌اندازی ۵۰۰ آمپر است؛ پس مقدار کل جریان در مسیر AB در حالت راه‌اندازی ۱۳۸۰ (۵۰۰+۱۲۰-۱۰۰۰) آمپر می‌شود. براساس رابطه افت ولتاژ بر حسب ولت، افت ولتاژ با جریان نسبت مستقیم دارد؛ پس افزایش جریان به معنای افزایش افت ولتاژ است. پس:

$$\begin{matrix} 12^V & 1000^A \\ \Delta U_{AB} & 1380^A \end{matrix} \rightarrow \Delta U_{AB} = \frac{12 \times 1380}{1000} = 16.5V$$

افت ولتاژ در مسیر BC: در مسیر B، در کابل ۲۰۰ متری (۰/۲ کیلومتری)، افت ولتاژ در لحظه راه‌اندازی به ازای سطح مقطع ۵۰ میلی‌متر مربعی در ضریب توان ۰/۳۵ برابر با ۴۱ (۰/۴۱×۵۰۰×۰/۲) ولت است.

افت ولتاژ کل: $\Delta U_{AC} = \Delta U_{AB} + \Delta U_{BC} = 16.5 + 41 = 57.5V \rightarrow \Delta V\% = \frac{\Delta U_{AC}}{U_L} \times 100 = \frac{57.5}{400} \times 100 = 14.4$

گزینه **د** صحیح است.

نکته ۲۱-۲) در صورتی که مقدار افت ولتاژ از مقدار مجاز تجاوز کند، بهترین روش برای حل این مشکل تغییر سایز کابل است؛ یعنی با افزایش اندازه سطح مقطع کابل، مقدار مقاومت کمتر و افت ولتاژ نیز کاهش می‌یابد.

پرسش ۲۹-۲) در مسئله **۹** پیوست الف، چنانچه حداکثر افت ولتاژ موتور هنگام راه‌اندازی ۱۰٪ باشد، کدام‌یک از گزینه‌های زیر صحیح است؟ (اسفند ۹۱ «۵۸»)

الف) باید از کابل با مقطع ۷۰ میلی‌متر استفاده کرد. ب) باید از کابل با مقطع ۹۵ میلی‌متر مربع استفاده کرد.

ج) باید از کابل با مقطع بالاتر از ۹۵ میلی‌متر مربع استفاده کرد. د) نیازی به تغییر مقطع کابل نیست.

پاسخ) با توجه به ثابت بودن مقادیر طول و جریان در لحظه راه‌اندازی، برای کاهش افت ولتاژ از ۱۴/۴ به ۱۰، باید مقدار کوسینوس فی کنترل شود. برای همین، مقادیر کوسینوس فی به ازای سطح مقطع داده شده در جدول را در محاسبه مسیر B جایگذاری می گذاریم، که به ازای سطح مقطع های ۷۰ و ۹۵، افت ولتاژ بیش از ۱۰٪ است؛ بنابراین، باید از کابل بالاتر از ۹۵ استفاده شود. گزینه **ج** صحیح است.

پرسش ۳۰-۲) در مسئله **۱۰** پیوست الف، افت ولتاژ کل مسیر تغذیه موتور در شرایط کارکرد عادی موتور چند درصد است؟ (از نقطه A تا D)؟ (آذر ۹۲ «۱۶»)

الف) ٪۵/۳۴ ب) ٪۶/۰۳ ج) ٪۶/۸۲ د) ٪۷/۵۱

پاسخ) افت ولتاژ AB: سطح مقطع، طول کابل و افت ولتاژ به ترتیب ۵۰ میلی‌متر، ۲۰۰ متر (۰/۲ کیلومتر) و ۰/۷۵ ولت به ازای یک آمپر و یک کیلومتر است. پس: $\Delta U_{AB} = 0.75 \times 0.2 \times (24+60) = 12.6V$

افت ولتاژ BD: سطح مقطع، طول کابل و افت ولتاژ به ترتیب ۱۰ میلی‌متر، ۱۰۰ متر (۰/۱ کیلومتر) و ۳/۲ ولت به ازای یک آمپر و یک کیلومتر است. پس: $\Delta U_{BD} = 3.2 \times 0.1 \times 24 = 7.68V$

افت ولتاژ کل AD برابر است با: $\Delta U_{AD} = \Delta U_{AB} + \Delta U_{BD} = 12.6 + 7.68 = 20.28V$

افت ولتاژ به درصد نیز برابر است با: $\Delta V_{AD}\% = (\Delta U_{AD}/U_L) \times 100 = (20.28/380) \times 100 = 5.34$

گزینه **الف** صحیح است.

پرسش ۳۱-۲) در مسئله **۱۰** پیوست الف، افت ولتاژ کل مسیر تغذیه موتور هنگام راه‌اندازی چند درصد است؟ (از نقطه A تا D)؟ (آذر ۹۲ «۱۷»)

الف) ٪۸/۶۲ ب) ٪۹/۶۹ ج) ٪ ۱۱/۸۴ د) ٪۱۳/۹۹

پاسخ) در صورت مسئله، راه‌اندازی ۵ برابر جریان نامی و ضریب توان ۰/۳۵ است.

افت ولتاژ AB: سطح مقطع، طول کابل و افت ولتاژ به ترتیب ۵۰ میلی‌متر، ۲۰۰ متر (۰/۲ کیلومتر) و ۰/۴۱ ولت به ازای یک آمپر و یک کیلومتر است. پس: $\Delta U_{AB} = 0.41 \times 0.2 \times (5 \times 24 + 60) = 14.76V$

افت ولتاژ BD: سطح مقطع، طول کابل و افت ولتاژ به ترتیب ۱۰ میلی‌متر، ۱۰۰ متر (۰/۱ کیلومتر) و ۱/۵ ولت به ازای یک آمپر و یک کیلومتر است. پس: $\Delta U_{BD} = 1.5 \times 0.1 \times (5 \times 24) = 18V$

افت ولتاژ کل AD برابر است با: $\Delta U_{AD} = \Delta U_{AB} + \Delta U_{BD} = 14.76 + 18 = 32.76V$

افت ولتاژ به درصد نیز برابر است با: $\Delta V_{AD}\% = (\Delta U_{AD}/U_L) \times 100 = (32.76/380) \times 100 = 8.62$

گزینه **الف** صحیح است.

پرسش ۳۲-۲) در مسئله **۱۰** پیوست الف، چنانچه حداکثر افت ولتاژ مجاز موتور هنگام راه‌اندازی ۱۰٪ باشد، کدام‌یک از گزینه‌های زیر صحیح است؟ (آذر ۹۲ «۱۸»)

الف) باید در مسیر BD از کابل با مقطع ۱۶ میلی‌متر مربع استفاده شود.

ب) باید در مسیر BD از کابل با مقطع ۲۵ میلی‌متر مربع استفاده شود.

ج) باید در مسیر BD از کابل با مقطع ۱۶ میلی‌متر مربع و در مسیر AB از کابل با مقطع از کابل با مقطع ۷۰ میلی‌متر مربع استفاده شود.

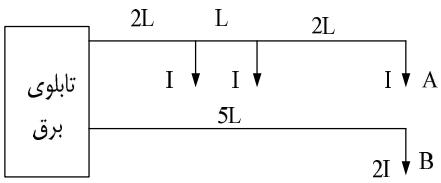
د) نیازی به تغییر مقطع کابل‌ها نیست.

پاسخ) مقدار افت ولتاژ ۸/۶۲ است و نیازی به تغییر مقاطع کابل‌ها نیست. گزینه **د** صحیح است.

نکته ۲۲-۲) در صورتی‌که مدار اهمی باشد، رابطه افت ولتاژ به صورت زیر خواهد بود:

$$\begin{cases} \cos\varphi = 1 \rightarrow \sin\varphi = 0 \\ \Delta U = \dfrac{\sqrt{3}LI(R.\cos\varphi + X.\sin\varphi)}{U_L} \rightarrow \Delta U = \dfrac{\sqrt{3}LIR}{U_L} \end{cases} \quad (۱۵\text{-}۲)$$

پرسش ۳۳-۲) در مدار اهمی شکل زیر افت ولتاژ درنقاط A و B نسبت به هم چقدر است؟ (سطح مقطع هادی‌ها در هر دو شاخه یکسان است.) (بهمن ۹۴ «۱۵»)



الف) افت ولتاژ در نقطه B،۲ برابر نقطه A است.

ب) افت ولتاژ در هر دو نقطه B و A یکسان است.

ج) افت ولتاژ در نقطه B، ۱/۲۵ برابر نقطه A است.

د) افت ولتاژ در نقطه B، نصف نقطه A است.

پاسخ) با استفاده از گشتاور برای مسیر A داریم: $L_e^A = \dfrac{\sum L_i I_i}{\sum I_i} = \dfrac{(2L.I)+(L.2I)+(2L.3I)}{I+I+I} = \dfrac{LI(2+2+6)}{3I} = \dfrac{10}{3}L$

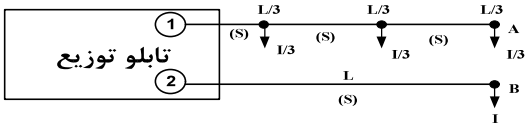
افت ولتاژ در A: $\Delta U_A = \dfrac{\sqrt{3}L_e^A IR}{U_L} = \dfrac{\sqrt{3}\left(\dfrac{10}{3}L\right)(I+I+I)R}{U_L} = \dfrac{10\sqrt{3}LIR}{U_L}$

افت ولتاژ در B:

$$\Delta U_B = \frac{\sqrt{3}(5L.2I)R}{U_L} = \frac{10\sqrt{3}LIR}{U_L}$$

پس مقدار افت ولتاژ در دو مسیر با هم برابر است. گزینه **ب** صحیح است.

پرسش ۳۴-۲) در مدار اهمی زیر، افت ولتاژ در نقاط A و B (ΔU_A و ΔU_B) نسبت به هم چگونه‌اند؟ (توضیح اینکه سطح مقطع هادی‌ها (S) در تمام مقاطع یکسان است.) (آذر ۹۲ «۳۶»)



الف) $\Delta U_B = \frac{2}{3}\Delta U_A$ ب) $\Delta U_A = \Delta U_B$ ج) $\Delta U_B = \frac{3}{2}\Delta U_A$ د) $\Delta U_B = 2\Delta U_A$

پاسخ) بار به صورت غیرمتمرکز (پخش شده) بوده و طبیعتا باید از گشتاور برای محاسبه طول معادل در مسیر A استفاده کرد، پس

$$L_e^A = \frac{\sum L_i I_i}{\sum I_i} = \frac{\left(\frac{L}{3}\frac{I}{3}\right)+\left(\frac{L}{3}\frac{2I}{3}\right)+\left(\frac{L}{3}\frac{3I}{3}\right)}{\frac{I}{3}+\frac{I}{3}+\frac{I}{3}} = \frac{\frac{1}{9}(LI+2LI+3LI)}{I} = \frac{6LI}{9I} = \frac{2}{3}L$$

حال با استفاده از نکته فوق، می‌توان افت ولتاژ در دو مسیر را محاسبه نمود.

افت ولتاژ در A:

$$\Delta U_A = \frac{\sqrt{3}L_e^A IR}{U_L} = \frac{\sqrt{3}\left(\frac{2}{3}L\right)\left(\frac{I}{3}+\frac{I}{3}+\frac{I}{3}\right)R}{U_L} = \frac{\frac{2\sqrt{3}}{3}LIR}{U_L}$$

افت ولتاژ در B:

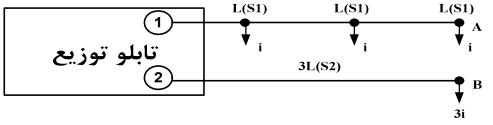
$$\Delta U_B = \frac{\sqrt{3}LIR}{U_L}$$

با مساوی قرار دادن این دو افت ولتاژ خواهیم داشت:

$$\Delta U_B = \frac{3}{2}\Delta U_A = 1.5\Delta U_A$$

گزینه **ج** صحیح است.

پرسش ۳۵-۲) در مدار اهمی سه‌فاز زیر، سطح مقطع هادی در مدار ۲ باید چه اندازه باشد تا افت ولتاژ نقاط B و A یکسان شود؟ (اسفند ۸۹ «۵۹»)



الف) $S_2=(2/3)S_1$ ب) $S2=S1$ ج) $S_2=1.5S_1$ د) $S_2=2.5S_1$

پاسخ) با استفاده از گشتاور برای مسیر A داریم:

$$L_e^A = \frac{\sum L_i I_i}{\sum I_i} = \frac{(LI)+(L.2I)+(L.3I)}{I+I+I} = \frac{6LI}{3I} = 2L$$

افت ولتاژ در مسیر A:

$$\Delta U_A = \frac{\sqrt{3}L_e^A(3I)R_1}{U_L} = \frac{\sqrt{3}(2L)(3I)R_1}{U_L} = \frac{6\sqrt{3}LIR_1}{U_L}$$

افت ولتاژ در مسیر B:

$$\Delta U_B = \frac{\sqrt{3}(3L)(3I)R_2}{U_L} = \frac{9\sqrt{3}LIR_2}{U_L}$$

در صورت پرسش گفته که افت ولتاژ دو مسیر برابر است، پس:

$$\Delta U_A = \Delta U_B \rightarrow \frac{6\sqrt{3}LIR_1}{U_L} = \frac{9\sqrt{3}LIR_2}{U_L} \rightarrow 2R_1 = 3R_2$$

سطح مقطع نسبت عکس با مقدار مقاومت دارد، پس:

$$\frac{2}{S_1} = \frac{3}{S_2} \rightarrow \frac{S_1}{2} = \frac{S_2}{3} \rightarrow S_2 = 1.5S_1$$

گزینه **ج** صحیح است.