

ملاحظة عامة: یمثل ما هو مظلل باللون الرمادي طرائق أخرى للحل تُعدُّ مقبولة إذا أجاب الطالب وفقها.

القسم الأول/ 12 درجات/ يتضمن ثلاثة أسئلة يُطلب الإجابة على اثنين فقط، ولكل منهما ست درجات.

(1) وظيفة ومبدأ عمل القاطع التفاضلى أحادي الطور.

الوظيفة: الحماية من الصدمات الناجمة عن التيار المتسرب إلى الأرض.

يتلخص مبدأ العمل بما يلي:

• تتم مقارنة قيمة تيار الطور مع قيمة التيار المار في خط الحيادي. فإذا حدث فرق بينهما فذلك دليل على وجود تيار متسرب إلى الأرض.

• وإن كانت قيمة الفرق بين نينك التيارين أكبر من قيمة معينة تسمى حساسية القاطع، سيتحرض تيار يغذي الزاجل الذي يقوم بفتح تماسي القاطع مما يؤدي إلى فتح الدارة وإيقاف تسرب التيار.

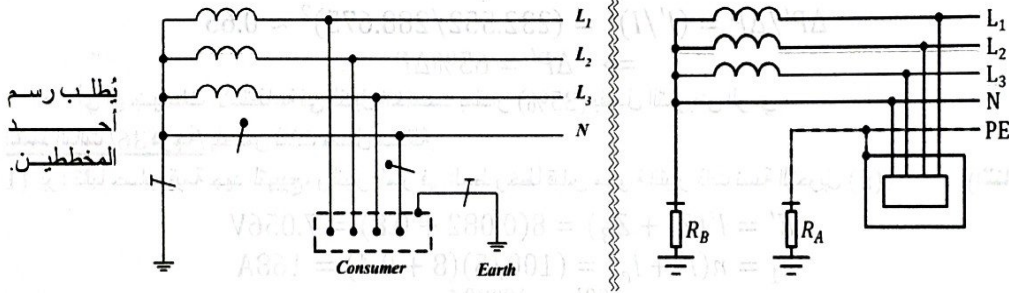
(2) سؤال القاطع الإلكتروني.

نستنتج من معطيات السؤال أن التيار المطلوب هو تيار حمل زائد تُحسب قيمته ( $I_{OL}$ ) من المساواة التالية:

$$600^2 \times 3 = (I_{OL})^2 \times 12$$

$$\Rightarrow I_{OL} = \sqrt{(600^2 \times 3)/12} = 300A$$

(3) المخططان الكهربائيان التاليان كلاهما يوضح نظم التاريز (TT). لكن يُكتفى بأحدهما فقط.



يطلب رسم  
أحد  
المخططين.

القسم الثاني/ 32 درجة/ يتضمن مسألة واحدة فقط.

(1) التحقق من ملاءمة الكابل لاختبار التحمل الحراري وشرط هبوط الجهد.

• نحسب قيمة التيار الذي تستجره المنشأة:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} U \cos \varphi} = \frac{150 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 400 \times 0.75} = 288.675A$$

• نحسب قدرة التحمل الحراري ( $I_t$ ) للكابل انطلاقا من سعته القياسية مع احتساب عامل تصحيح التمديد، ثم نقارنها مع تيار المنشأة:

$$I_t = k I_z = 0.713 \times 441 = 314.433A$$

• ما دام ( $I_t > I$ ) فإن الكابل يحقق اختبار التحمل الحراري.

ملاحظة: يمكن التحقق من اختبار التحمل الحراري بطريقة أخرى متخذين فيها السعة الأمبيرية القياسية أساسا للمقارنة.

$$I_t = I/k = 288.675/0.713 = 404.873A < I_z$$

حل بديل متعلق  
بالملاحظة السابقة

• نحسب هبوط الجهد ( $\Delta u$ )، ثم نحسب هبوط الجهد النسبي ( $\Delta u\%$ ) ونقارنه مع القيمة المسموح بها (5%):

$$\Delta u = k \frac{I}{n} (R \cos \varphi + X \sin \varphi)$$

$$\Delta u = \sqrt{3} \times 288.675 \times (31.4 \times 0.75 + 14.9 \times 0.661) \times 10^{-3} = 16.7V$$

$$\Delta u\% = \frac{\Delta u}{U_N} \times 100 = \frac{16.7}{400} \times 100 = 4.175\% < 5\%$$

• ما دام ( $\Delta u\% < 5\%$ ) فالكابل يحقق شرط هبوط الجهد.

ملاحظة: تُحسب  $(\Delta u\%)$  بعلاقة مكافئة تماما للعلاقة السابقة؛ أي عن طريق الاستطاعة المنقولة في الكابل، كما هو موضح تاليا.

$$\Delta u\% = \frac{PR+XQ}{U^2} \times 100 = \frac{PR+XP \tan \phi}{U^2} \times 100$$

$$\Delta u\% = \frac{150 \times 31.4 + 14.9 \times 150 \times 0.882}{400^2} \times 100 = 4.176\% < 5\%$$

حل بديل متعلق  
بالملاحظة السابقة

(2) حساب قيمة عامل الاستطاعة بعد التعويض الردي، وتحديد مقدار انخفاض ضياعات الاستطاعة في الكابل.  
• نحسب قيمة عامل الجديد  $(\cos \phi')$  من العلاقة التالية:

$$Q_C = P(\tan \phi - \tan \phi')$$

$$\tan \phi' = \tan \phi - Q_C/P = 0.882 - (73.3/150) = 0.393$$

$$\Rightarrow \cos \phi' = \cos(\tan^{-1} 0.393) \approx 0.931$$

• نحسب قيمة التيار الذي تستجره المنشأة بعد تصحيح عامل الاستطاعة:

$$I' = \frac{P}{\sqrt{3} U \cos \phi'} = \frac{150 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 400 \times 0.931} = 232.552A$$

ملاحظة: يتناسب التيار عكسيا مع عامل الاستطاعة، فيحسب التيار المستجر بعد التعويض الردي من نسبتي عامل الاستطاعة:

$$I'/I = \cos \phi / \cos \phi'$$

$$\Rightarrow I' = 288.675(0.75/0.931) = 232.552A$$

حل بديل متعلق  
بالملاحظة السابقة

• تتناسب ضياعات الاستطاعة في الكابل مع مربع التيار  $(\Delta P \sim I^2)$ ، فتكون نسبة الضياعات بعد التعويض وقبله هي:

$$\Delta P'/\Delta P = (I'/I)^2 = (232.552/288.675)^2 \approx 0.65$$

$$\Rightarrow \Delta P' = 65\% \Delta P$$

• أي أن ضياعات الاستطاعة في الكابل انخفضت بمقدار (35%) بفضل التعويض الردي.

القسم الثالث/ 36/ درجة يتضمن ثلاث مسائل مستقلة.

(1) يرد تاليا حساب قيمة جهد التهييج، والتيار المار في الخط وخطأ قياس محولة التيار ذات نسبة التحويل  $(n)$ . (اثنتا عشرة درجة)

$$E' = I'(Z' + Z_B) = 8(0.082 + 0.8) = 7.056V$$

$$I_1 = n(I' + I_e) = (100/5)(8 + 0.4) = 168A$$

$$CT_{\epsilon\%} = \frac{100I_e}{I' + I_e} = \frac{100 \times 0.4}{8 + 0.4} = 4.762\%$$

(2) نحسب قيمة نسبة التحويل، وعدد لفات الملف الأولي وتياري محولة الجهد المثالية وفق الخطوات التالية. (ثمانية درجات)

$$k_T = V_1/V_2 = 2400/120 = 20$$

$$N_1 = k_T N_2 = 20 \times 50 = 1000$$

$$I_1 = \frac{S_{TN}}{V_1} = \frac{9.6 \times 10^3}{2400} = 4A \quad \& \quad I_2 = \frac{S_{TN}}{V_2} = \frac{9.6 \times 10^3}{120} = 80A$$

(3) يُقبل الحل إذا حسب الطالب أحد التيارين  $(I_1$  أو  $I_2)$  كما ورد سابقا، ثم حسب الآخر من نسبة التحويل، وفق العلاقة  $(I_2/I_1 = k_T)$ .  
حساب تيار القصر في نهاية الكابل المغذي للورشة. (ست عشرة درجة)

• نحسب ممانعة المحولة المنسوبة إلى طرفها الثانوي  $(Z_t)$ ، ثم نحسب مقاومتها ومفاعلتها من العلاقتين المدونتين في النص:

$$Z_t = \frac{(f_c U_{2N})^2}{S_{TN}} \times \frac{U_{k\%}}{100} = \frac{(1 \times 400)^2 \times 0.04}{160} = 40m\Omega$$

$$R_t = 0.31Z_t = 12.4m\Omega \quad \& \quad X_t = 0.95Z_t = 38m\Omega$$

• نحسب قيمة ممانعة القصر  $(Z_{sc})$  بتحصيل المقاومات والمفاعلات بدءا من الشبكة وحتى نهاية الكابل، ثم نحسب قيمة تيار القصر:

$$R_{sc} = R_a + R_t + R_c = 0.035 + 12.4 + 19 = 31.435m\Omega$$

$$X_{sc} = X_a + X_t + X_c = 0.351 + 38 + 6.4 = 44.751m\Omega$$

$$Z_{sc} = \sqrt{R_{sc}^2 + X_{sc}^2} = \sqrt{31.435^2 + 44.751^2} = 54.688m\Omega$$

$$I_{k3} = \frac{f_c U_{2N}}{\sqrt{3} Z_{sc}} = \frac{1 \times 400}{\sqrt{3} \times 54.688} = 4.223kA$$

د.م. عصام حسامو