



XUNTA
DE GALICIA

CONSELLERÍA DE
CULTURA, EDUCACIÓN
E UNIVERSIDADE

TRIBUNAL N°1 CONCURSO-OPOSICIÓN 2023
ESPECIALIDADE : SISTEMAS ELECTROTÉCNICOS E AUT.
IES 12 DE OUTUBRO- OURENSE

Proba B.2.

OPCIÓN 1

1. (1,5 P) Un transformador trifásico Dy5 de 8.000 kVA, 66.000/15.000 V consume 7A e 60.000 W en baleiro, e ten estes parámetros relativos de curtocircuíto: $\epsilon_{cc} = 6,54\%$ e $\epsilon_{Rcc} = 1,31\%$.

Calcular:

- a) Parámetros do circuíto equivalente monofásico. **(0,25 P)**
- b) Intensidade de liña que circula en réxime permanente polo primario cando se produce un curtocircuíto no secundario. **(0,15 P)**
- c) Potencia aparente de máximo rendemento e rendemento máximo para $\cos \varphi = 0,8$ capacitivo. **(0,2 P)**
- d) Tensión que hai que aplicar no primario para conseguir alimentar a 15.000 V unha carga de 5.000 kW con $\cos \varphi = 0,8$ capacitivo. **(0,25 P)**
- e) Rendemento no apartado d). **(0,2 P)**
- f) Tensión á que estaría alimentada unha carga de 7.200 kW e $\cos \varphi = 0,9$ indutivo, cando no primario temos a tensión nominal. **(0,2 P)**
- g) Este transformador acóplase en paralelo con outro Yd5 de 8.000 kVA, 66.000/15.000 V e $\epsilon_{cc} = 9\%$. Cal é a máxima potencia aparente que poden subministrar en conxunto sen sobrecargar ningún deles? **(0,15 P)**
- h) A potencia aparente que subministra cada un deles conectados en paralelo cando a carga total que alimentan consume 462 A. **(0,1 P)**

1. (1,5 P) Un transformador trifásico Dy5 de 8.000 kVA, 66.000/15.000 V consume 7A y 60.000 W en vacío, y tiene estos parámetros relativos en cortocircuito: $\epsilon_{cc} = 6,54\%$ y $\epsilon_{Rcc} = 1,31\%$.

Calcular:

- a) Parámetros del circuito equivalente monofásico. (0,25 P)
- b) Intensidad de línea que circula en régimen permanente por el primario cuando se produce un cortocircuito en el secundario. (0,15 P)
- c) Potencia aparente de máximo rendimiento y rendimiento máximo para $\cos \varphi = 0,8$ capacitivo. (0,2 P)
- d) Tensión que hay que aplicar en el primario para conseguir alimentar a 15.000 V una carga de 5.000 kW con $\cos \varphi = 0,8$ capacitivo. (0,25 P)
- e) Rendimiento en el apartado d). (0,2 P)
- f) Tensión a la que estaría alimentada una carga de 7.200 kW y $\cos \varphi = 0,9$ inductivo, cuando en el primario tenemos la tensión nominal. (0,2 P)
- g) Este transformador se acopla en paralelo a otro Yd5 de 8.000 kVA, 66.000/15.000 V y $\epsilon_{cc} = 9\%$, ¿Cuál es la máxima potencia aparente que pueden suministrar en conjunto sin sobrecargar ninguno de ellos? (0,15 P)
- h) La potencia aparente que suministra cada uno de ellos conectados en paralelo cuando la carga total que alimentan consume 462 A. (0,1 P)

SOLUCIÓNS

Proba B.2. - OPCIÓN 1

Problema 1



XUNTA
DE GALICIA

CONSELLERÍA DE
CULTURA, EDUCACIÓN
E UNIVERSIDADE

TRIBUNAL N°1 CONCURSO-OPOSICIÓN 2023
ESPECIALIDADE : SISTEMAS ELECTROTÉCNICOS E AUT.
IES 12 DE OUTUBRO- OURENSE



Primeiro temos que conseguir o circuíto equivalente monofásico:

A potencia nominal do equivalente monofásico vale:

$$S_{NF} = \frac{S_N}{3} = 2.666,67 \text{ kVA} = 2.666.666,67 \text{ VA}$$

As perdas no circuíto magnético:

$$P_{FeF} = \frac{P_{FeN}}{3} = 20.000 \text{ W}$$

Mirámola conexión, Dy → No primario **conexión en triángulo**:

$$V_{1NF} = V_{1NL} = 66.000 \text{ V}$$

$$I_{1NF} = \frac{I_{1NL}}{\sqrt{3}} = \frac{\frac{S_N}{\sqrt{3} \cdot V_{1NL}}}{\sqrt{3}} = \frac{69,98}{\sqrt{3}} = 40,404 \text{ A}$$

A intensidade tamén a podo calcular cos valores de fase:

$$I_{1NF} = \frac{S_{NF}}{V_{1NF}} = \frac{2.666.666,67}{66.000} = 40,404 \text{ A}$$

No secundario en estrela:

$$V_{2NF} = \frac{V_{2NL}}{\sqrt{3}} = 8.660,25 \text{ V}$$

Coas dúas tensión nominais do trafo monofásico, podo calcular a relación de transformación:

$$m = \frac{V_{1NF}}{V_{2NF}} = 7,62$$

Esta relación usarémola para calcular a caída de tensión. A intensidade nominal de fase do secundario:

$$I_{2NF} = I_{2NL} = \frac{S_N}{\sqrt{3} \cdot V_{2NL}} = 307,92 \text{ A}$$

E se emprego os valores de fase:

$$I_{2NF} = \frac{S_{NF}}{V_{2NF}} = \frac{2.666.666,67}{8.660,25} = 307,92 \text{ A}$$

Como teño a relación de transformación do equivalente monofásico, podo empregala para obter a intensidade de outra maneira:

$$I_{2NF} = m \cdot I_{1NF} = 307,92 \text{ A}$$

Cadro resumo:

CIRCUITO EQUIVALENTE MONOFÁSICO		
$V_{1NF} =$	66.000,00	V
$V_{2NF} =$	8.660,25	V
$S_{NF} =$	2.666,67	kVA
$I_{1NF} =$	40,40	A
$I_{2NF} =$	307,92	A
$m =$	7,62	-

**Apartado A.**

Do ensaio en baleiro temos: $P_{FeF} = 20.000 \text{ W}$ e $I_0 = 7 \text{ A}$

$$R_{Fe} = \frac{V_{1NF}^2}{P_{FeF}} = 217.800 \Omega$$

Calculamos:

$$\cos\varphi_0 = \frac{P_{FeF}}{V_{1NF} \cdot I_0} = 0,043 \rightarrow \varphi_0 = 87,51^\circ$$

$$I_m = I_{0F} \cdot \sin\varphi = \frac{7}{\sqrt{3}} \cdot 0,999 = 4,03 \text{ A}$$

$$X_m = \frac{V_{1NF}}{I_m} = 16.377 \Omega$$

Do ensaio en curtocircuíto: $\varepsilon_{cc} = 6,54 \%$; $\varepsilon_{Rcc} = 1,31 \%$ e nos dan V_{cc} e V_{Rcc} en %:

$$V_{Rcc} = \frac{V_{1NF} \cdot \varepsilon_{Rcc}}{100} = 864,6 \text{ V}$$

$$V_{CC} = V_{CCF} = \frac{V_{1NF} \cdot \varepsilon_{cc}}{100} = 4.316,4 \text{ V}$$

$$R_{cc} = \frac{V_{Rcc}}{I_{1NF}} = 21,4 \Omega$$

Agora temos varias opcións, podemos calcular X_{cc} , para iso só temos que calcular V_{Xcc} :

$$V_{Xcc} = \sqrt{V_{cc}^2 - V_{Rcc}^2} = 4.228,92 \text{ V} \rightarrow X_{cc} = \frac{V_{Xcc}}{I_{1NF}} = 104,68 \Omega$$

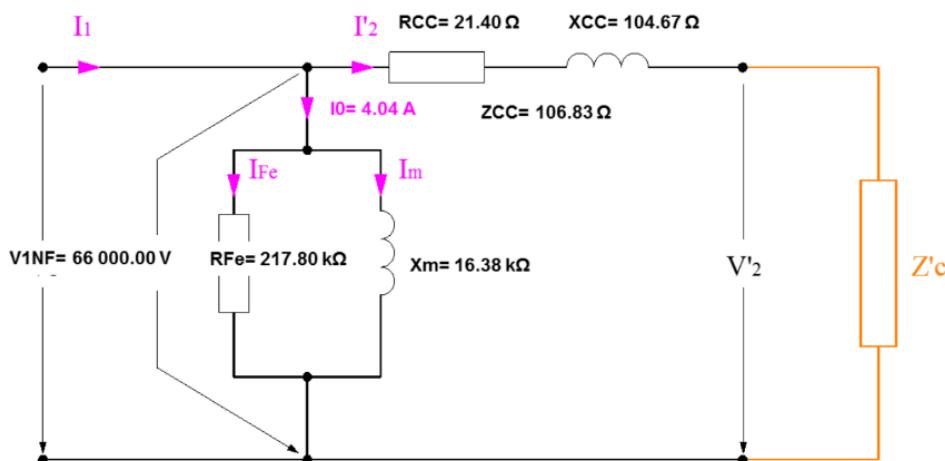
Ou calculamos φ_{cc} :

$$\cos\varphi_{cc} = \frac{\varepsilon_{Rcc}}{\varepsilon_{cc}} = 0.2 \rightarrow \varphi_{cc} = 78,45^\circ$$

$$X_{cc} = R_{cc} \cdot \tan\varphi_{cc} = 104,68 \Omega$$

Si queremos calcular Z_{cc} empregamos Pitágoras ou trigonometría:

$$Z_{cc} = \sqrt{R_{cc}^2 + X_{cc}^2} = \frac{R_{cc}}{\cos\varphi_{cc}} = 106,83 \Omega \text{ (usamos o valor real de } R_{cc})$$



**Apartado B.**

Temos que dar o valor da intensidade de liña:

$$I_{ccaf} = \frac{V_{1NF}}{Z_{cc}} = 617,8 \text{ A} \rightarrow I_{ccal} = \sqrt{3} \cdot I_{ccaf} = 1.070,06 \text{ A}$$

Apartado C.

Temos que buscar o índice de carga óptimo, seguimos usando o circuíto monofásico, (pero este tipo de cálculos tamén os podemos facer cos valores trifásicos): Para elo temos que saber P_{CuNF} :

$$P_{CuNF} = I_{1NF}^2 \cdot R_{cc} = 34.928,22 \text{ W}$$

$$C_{opt} = \sqrt{\frac{P_{FeNF}}{P_{CuNF}}} = 0,757$$

A potencia aparente do trafo cando ten o seu rendemento máximo vale:

$$S = C_{opt} \cdot S_N = 6.056 \text{ kVA}$$

Pídenos o rendemento para o índice de carga anterior (o óptimo), cun factor de potencia de 0.8 capacitivo, que sexa capacitivo ou inductivo non inflúe no resultado. Empregamos a fórmula:

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{C_{opt} \cdot S_{NF} \cdot \cos\varphi_2}{C_{opt} \cdot S_{NF} \cdot \cos\varphi_2 + P_{FeNF} + C_{opt}^2 \cdot P_{CuNF}}$$

Débense por todas as potencias na mesma unidade, por iso é mellor pasar todo a W.

$$\eta = \frac{1.614.933,33}{1.614.933,33 + 20.000 + 20.000} = 0,9758 = 97,58 \%$$

No rendemento máximo, teñen o mesmo valor as perdas no cobre e no ferro.

Apartado D.

Aquí traballamos coa regulación:

$$\varepsilon_c = C(\varepsilon_{Rcc} \cos\varphi_2 + \varepsilon_{Xcc} \sin\varphi_2)$$

Hai que obter o índice de carga C:

$$C = \frac{S_{1F}}{S_{NF}} = \frac{\frac{5.000}{3}}{\frac{0,8}{2.666,67}} = 0,781$$

Tamén necesitamos ε_{Xcc} , igual que para calcular X_{cc} temos varias opcións, usar trigonometría ou Pitágoras. Imos usar este último:

$$\varepsilon_{Xcc} = \sqrt{\varepsilon_{cc}^2 - \varepsilon_{Rcc}^2} = 6,41\%$$

E agora calculamos ε :

$$\varepsilon_c = 0,78 \cdot [1,31 \cdot 0,8 + 6,41 \cdot (-0,6)] = -2,18\%$$

O seno é negativo por ser unha carga capacitiva.

E agora usamos:

$$V_{1F} = \frac{V'_{2F}}{\left(1 - \frac{\varepsilon_c}{100}\right)}$$

$$V'_{2F} = m \cdot V_{2NF} = 7.62 \cdot 8.660,25 \approx 66.000 \text{ V}$$

Substituíndo arriba temos:

$$V_{1F} = \frac{66.000}{\left(1 - \frac{(-2,18)}{100}\right)} = 64.591,89 \text{ V}$$

Temos que dar o valor da tensión de liña, que por estar o primario en triángulo ten o mesmo valor que a de fase:

$$V_{1F} = V_{1L} = 64.591,89 \text{ V}$$

Apartado E.

Para o rendemento usamos a fórmula xa coñecida:

$$\eta = \frac{P_{2F}}{P_{1F}} = \frac{P_{2F}}{P_{2F} + P_{FeNF} + C_{opt}^2 \cdot P_{CuNF}}$$

Calculo os datos necesarios:

- Índice de carga vale $C= 0,781$
- $P_{2F} = 1.666.666,67 \text{ W}$ agora temos o valor, non temos que calcular nada (non empregamos esta fórmula: $P_{2F} = C \cdot S_{NF} \cdot \cos\varphi_2$).
- $P_{FeNF} = 20.000 \text{ W}$ usamos as perdas no ferro como si non variasen (as perdas no ferro dependen da tensión de alimentación do transformador e agora non é de 66.000 V, senón que vale 64.591,89 V).
- Para establecer as perdas no circuíto eléctrico teño que saber as perdas nominais:

$$P_{CuNF} = I_{1NF}^2 \cdot R_{cc} = 34.928,22 \text{ W} \rightarrow P_{CuF} = c^2 \cdot P_{CuNF} = 21.304,85 \text{ W}$$

Substitúense os valores na fórmula:

$$\eta = \frac{1.666.666,67}{1.666.666,67 + 20.000 + 21.304,85} = 0,9758 = 97,58 \%$$

Apartado F.

Volvemos traballar coa regulación, e temos que obter o novo índice de carga:

$$C = \frac{S_{1F}}{S_{NF}} = \frac{\frac{7.200/3}{0,9}}{2.666,67} = 0,99$$

$$\cos\varphi_2 = 0,9 \text{ indutivo} \rightarrow \sin\varphi_2 = 0,436$$

Os valores relativos de tensións non cambian:

$$\varepsilon_c = C(\varepsilon_{Rcc} \cos\varphi_2 + \varepsilon_{Xcc} \sin\varphi_2) = 0,99 \cdot (1,31 \cdot 0,9 + 6,41 \cdot 0,436) = 3,97\%$$

E agora usamos:

$$V'_{2F} = V_{1F} \left(1 - \frac{\varepsilon_c}{100}\right) = 66.000 \cdot \left(1 - \frac{3,97}{100}\right) = 63.380,46 \text{ V}$$

E despois calculamos V_{2F} :

$$V_{2NF} = \frac{V'_{2F}}{m} = \frac{63.380,46}{7,62} = 8.317,65 \text{ V}$$

E como temos que dar o valor da tensión de liña e a conexión no secundario é en estrela:

$$V_{2L} = \sqrt{3} \cdot V_{2F} = 14.406,59 \text{ V}$$

Apartado G.

Aquí traballamos coa carga trifásica. Hai dous transformadores, o A de 8.000 kVA e $\varepsilon_{CCA} = 6,54\%$ (esta é a más pequena) e o B de 8.000 kVA e $\varepsilon_{CCB} = 9\%$.

A máxima potencia que aporten en conxunto será:

$$S_{max} = \left(\frac{\varepsilon_{CCA}}{\varepsilon_{CCB}} \cdot S_{NA} + \frac{\varepsilon_{CCA}}{\varepsilon_{CCB}} \cdot S_{NB} \right) = 1 \cdot 8.000 + 0,7267 \cdot 8.000 = 13.813,6 \text{ kVA}$$

O trafo A aporta $S_A = 8.000 \text{ kVA (57,92\%)}$ e o trafo B aporta $S_B = 5.813,6 \text{ kVA (42,08\%)}$

Apartado H.

Temos unha carga que demanda 462 A, imos calcular a potencia aparente:

$$S_{carga} = \sqrt{3} \cdot V_{2L} \cdot I_{2L} = \sqrt{3} \cdot 15.000 \cdot 462 = 12.003,1 \text{ kVA}$$

O trafo A aporta o 57,92% $\rightarrow S_A = 6.952,2 \text{ kVA}$

O trafo B aporta o 42,08% $\rightarrow S_B = 5.050,9 \text{ kVA}$



XUNTA
DE GALICIA

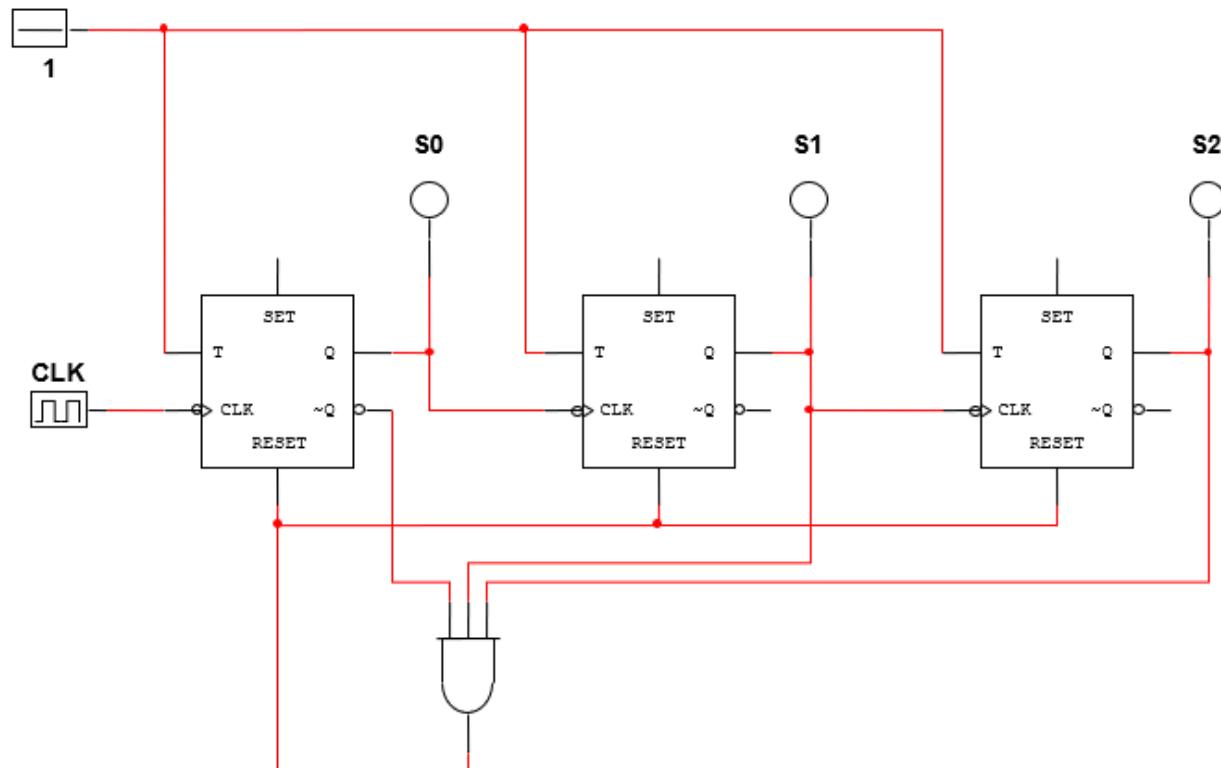
CONSELLERÍA DE
CULTURA, EDUCACIÓN
E UNIVERSIDADE

TRIBUNAL N°1 CONCURSO-OPOSICIÓN 2023
ESPECIALIDADE : SISTEMAS ELECTROTÉCNICOS E AUT.
IES 12 DE OUTUBRO- OURENSE



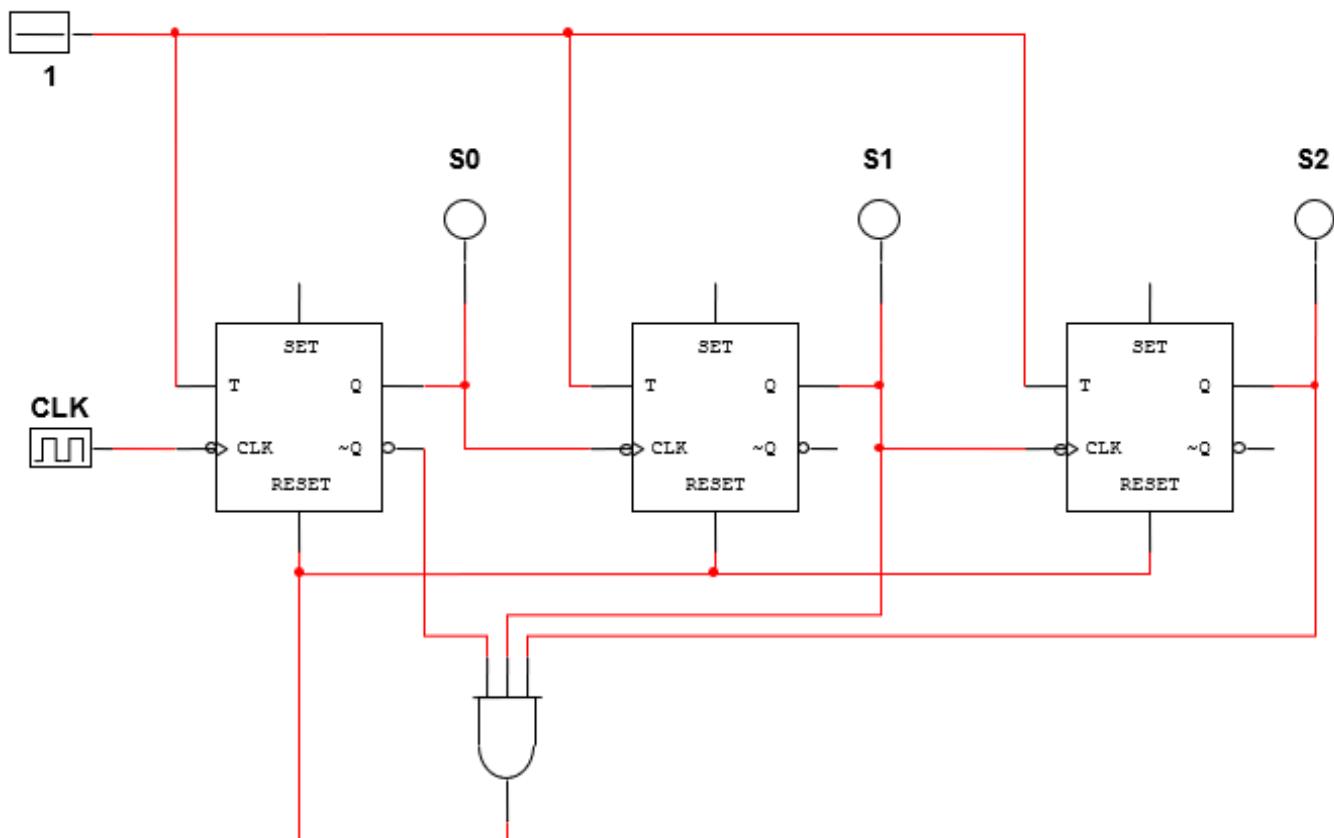
2. (0,75 P) Respecto do circuíto da figura, formado por flip-flops T disparados por flanco de baixada, considerando como saída o conxunto das variables de estado S_2 , S_1 e S_0 :

- Debuxa o correspondente diagrama de tempos, supoñendo que partimos de $S_2=S_1=S_0=0$. (0,5 P)
- Indica cal é a función que realiza dito circuíto. (0,25 P)



2. (0,75 P) Respecto del circuito de la figura, formado por flip-flops T disparados por flanco de bajada, considerando como salida el conjunto de las variables S_2 , S_1 y S_0 :

- Dibuja el correspondiente diagrama de tiempos, suponiendo que partimos de $S_2=S_1=S_0=0$. **(0,5 P)**
- Indica cuál es la función que realiza dicho circuito. **(0,25 P)**

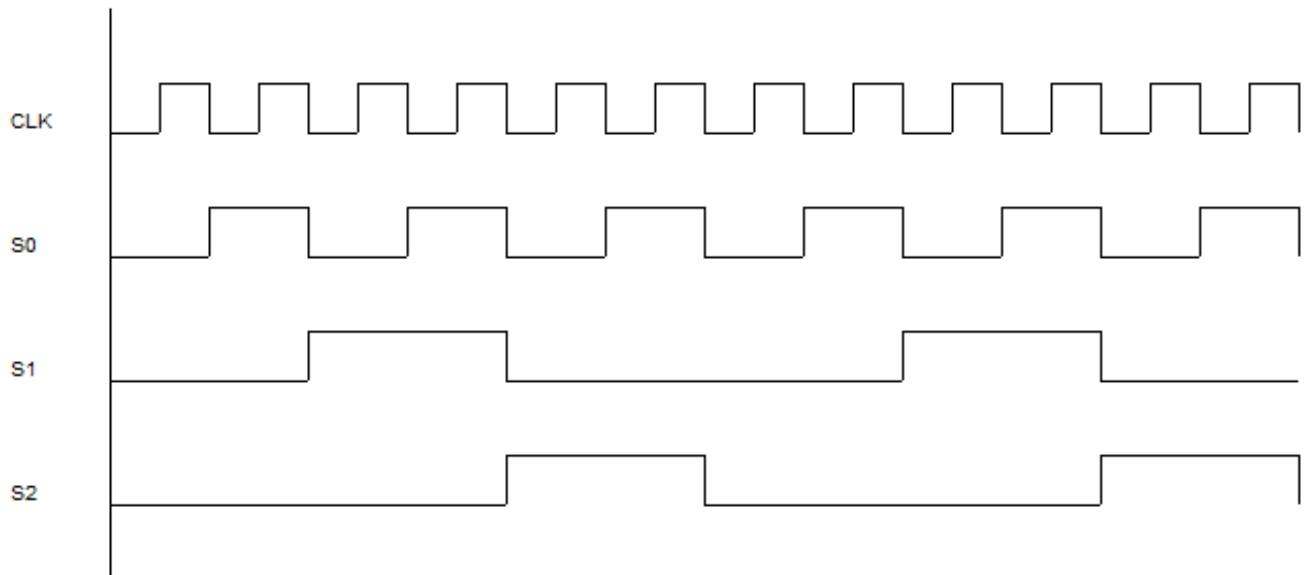


SOLUCIÓNS

Proba B.2. - OPCIÓN 1

Problema 2

Apartado A.



Apartado B.

Tendo en conta que a saída da porta AND vai ser 1 cando $S_2=1$ $S_1=1$ $S_0=0$, e observando que esta saída actúa sobre a entrada de RESET dos tres flip-flop T, o circuíto funcionará coma un contador ata 5 (o 6 xa non aparece).

**3. (2 P) Un edificio familiar composto por:**

- 2 vivendas de electrificación básica no chanzo de mínima potencia.
- 3 vivendas de electrificación elevada no chanzo de mínima potencia.
- Na planta baixa atópase:
 - 3 locais comerciais (LC), dous de 25 m² cada un, e un de 40 m².
- Os servizos xerais do edificio constan de:
 - Alumeado do portal e espazos comúns con 20 fluorescentes de 18 W cada un.
 - Alumeado da escaleira con led, cunha superficie de 35 m², se a potencia dos led por superficie é de 2 W/ m².
 - Un ascensor ITA-1 de 4,5 kW.
 - Grupo de presión de 1 kW.
 - Outros usos 1.450 W.
- Garaxe de 200 m² de ventilación natural sen infraestrutura de recarga de vehículos eléctricos (IRVE).

Tendo en conta os seguintes datos:

- Lonxitudes:
 - Dende a rede de distribución aérea pousada sobre fachada en baixa tensión á CXP, 5 m.
 - Dende a CXP á CC, 10 m.
- A LXA executarase baixo tubo encaixado en obra
- Os condutores serán unipolares, a alma da acometida será en aluminio sen neutro fiador e a alma da LXA será en cobre.
- O illamento dos condutores da acometida e da LXA serán de XLPE.
- As tensións de servicio son 400/230 V, a 50 Hz.
- O factor de potencia do conxunto da instalación é 0,9.
- As caídas de tensión serán as fixadas polo REBT, salvo na acometida onde a cía. subministradora marca:
 - A caída de tensión máxima admisible ≤ 0,25%
 - A perda de potencia máxima ≤ 0,2%
 - E a potencia de curtocircuíto que se pode dar no punto da instalación é de 3 MVA, que se despexará polas proteccións en 0,3 segundos.
- A entrada da acometida á CXP realizarase pola parte inferior.



Pídese calcular:

- a) Previsión de cargas (**0,4 P**)
- b) Sección mínima da acometida (**0,4 P**)
- c) Caixa xeral de protección (CXP) e os seus fusibles (**0,4 P**)
- d) Sección mínima da liña xeral de alimentación (LXA) (**0,3 P**)
- e) Número mínimo de ocos e módulos (de 4 ocos), para a centralización de contadores (CC) totalmente concentrados do edificio (**0,35 P**)
- f) Debuxar o esquema unifilar da instalación de enlace. (**0,15 P**)



3. (2 P) Un edificio familiar compuesto por:

- 2 viviendas de electrificación básica en el escalón de mínima potencia.
- 3 viviendas de electrificación elevada en el escalón de mínima potencia.
- En la planta baja se encuentran:
 - 3 locales comerciales (LC), dos de 25 m² cada uno y uno de 40 m².
- Los servicios generales del edificio constan de:
 - Alumbrado de portal y espacios comunes con 20 fluorescentes de 18 W cada uno.
 - Alumbrado de escalera con led, con una superficie de 35 m², si la potencia de los leds por superficie es de 2 W/ m².
 - Un ascensor ITA-1 de 4,5 kW.
 - Grupo de presión de 1 kW.
 - Otros usos 1.450 W.
- Garaje de 200 m² de ventilación natural sin infraestructura de recarga de vehículos eléctricos (IRVE).

Teniendo en cuenta los siguientes datos:

- Longitudes:
 - Desde la red de distribución aérea posada sobre fachada en baja tensión a la CGP, 5 m.
 - Desde la CGP a la CC, 10 m.
- La LGA se ejecutará bajo tubo empotrado en obra.
- Los conductores serán unipolares, el alma de la acometida será en aluminio sin neutro fiador y el alma de la LGA será en cobre.
- El aislamiento de los conductores de la acometida y de la LGA serán de XLPE.
- Las tensiones de servicio son 400/230 V, a 50 Hz.
- El factor de potencia del conjunto de la instalación es 0,9.
- Las caídas de tensión serán las fijadas por el REBT, salvo en la acometida donde la cía. suministradora marca:
 - La caída de tensión máxima admisible ≤ 0,25%
 - La pérdida de potencia máxima ≤ 0,2%
 - Y la potencia de cortocircuito que se puede dar en el punto de la instalación es de 3 MVA, que se despejará por las protecciones en 0,3 segundos.
- La entrada de la acometida a la CGP se realizará por la parte inferior.



Se pide calcular:

- a) Previsión de cargas. **(0,4 P)**
- b) Sección mínima de la acometida. **(0,4 P)**
- c) Caja general de protección (CGP) y sus fusibles. **(0,4 P)**
- d) Sección mínima de la línea general de alimentación (LGA). **(0,3 P)**
- e) Número mínimo de huecos y módulos (de 4 huecos) para la centralización de contadores (CC) totalmente concentrados del edificio. **(0,35 P)**
- f) Dibujar el esquema unifilar de la instalación de enlace. **(0,15 P)**

SOLUCIÓNS

Proba B.2. - OPCIÓN 1

Problema 3

Apartado A.

A previsión de cargas das vivendas (P_{VIV}), é:

- 2 vivendas con $P = 5.750 \text{ w}$
- 3 vivendas con $P = 9.200 \text{ w}$
- Coeficiente de simultaneidade para 5 vivendas é: $C_s = 4,6$

$$P_{VIV} = \left(\frac{2 \cdot 5.750 + 3 \cdot 9.200}{5} \right) \cdot 4,6 = 35.972 \text{ w}$$

A previsión de cargas dos servizos xerais (P_{SX}), é:

$$\begin{aligned} P_{ILU} &= 1,8 \cdot 20 \cdot 18 + 35 \cdot 2 = 718 \text{ w} \\ P_M &\rightarrow \left\{ \begin{array}{l} P_{ASC_ITA1} = 1,3 \cdot 4.500 = 5.850 \text{ w} \\ P_{GP} = 1,25 \cdot 1.000 = 1.250 \text{ w} \\ P_{Outros} = 1.450 \text{ w} \end{array} \right\} \rightarrow P_M = P_{ASC} + P_{GP} = 7.100 \text{ w} \end{aligned}$$

$$P_{SX} = P_{ILU} + P_M + P_{Outros} = 718 + 7.100 + 1.0450 = 9.268 \text{ w}$$

A previsión de cargas dos locais comerciais (P_{LC}), é:

$$P_{L\ 25\ m^2} = 100 \text{ w}/m^2 \cdot 25 \text{ m}^2 = 2.500 \text{ w} < P_{min\ LC} = 3.450 \text{ w}$$

$$P_{L\ 70\ m^2} = 100 \text{ w}/m^2 \cdot 40 \text{ m}^2 = 4.000 \text{ w} > P_{min\ LC} = 3.450 \text{ w}$$

$$P_{LC} = 2 \cdot P_{L\ 25\ m^2} + P_{L\ 40\ m^2} = 2 \cdot 3.450 + 4.000 = 10.900 \text{ w}$$

A previsión de cargas do garaxe (P_G), é:

$$P_{G\ 200\ m^2} = 10 \text{ w}/m^2 \cdot 200 \text{ m}^2 = 2.000 \text{ w} < P_{min\ G} = 3.450 \text{ w}$$

$$P_G = 3.450 \text{ w}$$

E a potencia total (P_T), prevista para o edificio é:

$$P_T = P_{VIV} + P_{SX} + P_{LC} + P_G = 35.972 + 9.268 + 10.900 + 3.450 =$$

$$P_T = 59.590 \text{ w} = 59,59 \text{ kW}$$

Apartado B.

Para o cálculo da sección mínima da acometida, débense comprobar os catro criterios que lle afectan:

1. Criterio Térmico (máx. intensidade admisible):

$$I_b = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\varphi} = \frac{59.590}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,9} = 95,567 \text{ Amperios}$$

Segundo a táboa intensidades máximas admisibles para instalacións non enterradas (ITC-BT-06), a sección: **4 x 50 mm²** de Aluminio ten:

$$I_z = 133 \text{ A} > I_b = 95,567 \text{ Amperios}$$



2. Criterio de caída de tensión (máx. cdt permitida na liña).

Dado que a sección no apartado anterior é moi inferior a 120 mm², pódense desprezar os efectos indutivos na liña, e por tanto X = 0 Ω.

Outros datos que precisamos son:

- A condutividade do aluminio a 90 °C (aluminio con illamento en XLPE).

$$\rho_{AlXLPE-90^{\circ}C} = 0,0359 \frac{\Omega \cdot mm^2}{m}$$

- A caída de tensión máxima admisible para a acometida é ≤ 0,25 %

$$cdt(v) = \frac{0,25\% \cdot 400}{100} = 1 \text{ Voltio}$$

A sección mínima pola caída de tensión é:

$$S_{min} = \frac{P \cdot L \cdot \rho}{cdt(v) \cdot U} = \frac{59.590 \cdot 5 \cdot 0,0359}{1 \cdot 400} = 26,741 \text{ mm}^2$$

A sección normalizada inmediatamente superior é **50 mm²** (segundo ITC-BT-06), e por tanto a suposición innicial dos efectos indutivos nulos é correcta.

3. Criterio de potencia (máx. perda potencia permitida pola Cía. distribuidora)

Os datos que precisamos son:

- Perda de potencia máxima en vatios:

$$P_{p\max}(V) \leq \frac{0,2\% \cdot 59.590}{100} = 119,18 \text{ W}$$

$$S_{min} = \frac{3 \cdot L \cdot \rho \cdot I^2}{P_{p\max}(V)} = \frac{3 \cdot 5 \cdot 0,0359 \cdot 95,567^2}{119,18} = 41,26 \text{ mm}^2$$

A sección normalizada inmediatamente superior é **50 mm²** (segundo ITC-BT-06).

4. Criterio de curtocircuíto (máx. intensidade de curtocircuíto que é capaz de aguantar a liña)

$$I_{cc} = \frac{S_{cc} \cdot 1.000}{\sqrt{3} \cdot U} = \frac{3 \cdot 1.000}{\sqrt{3} \cdot 400} = 4,33 \text{ kA}$$

Para t = 0,3 s, segundo a táboa intensidades de curtocircuíto, a sección de **50 mm²**, é capaz de soportar ata 8,5 kA, o que quere dicir:

$$I_{cc\ 50\ mm^2} = 8,5 \text{ kA} > I_{cc} = 4,33 \text{ kA}$$

Por tanto, a sección mínima da acometida e a súa designación é:

RZ - Al 0,6/1 kV 4x50 mm²



Apartados C e D.

Para o cálculo da CXP, fusibles e LXA, procederemos:

- Determinamos o número de LXA's que son necesarias para saber o modelo de CXP axeitado ó edificio.

$$nº LXA = \frac{P_{kW}}{150} = \frac{59,59}{150} = 0,39 \rightarrow 1 LXA$$

- Escollemos o esquema de CXP que mellor se adapte ó edificio, en base a:

- $I_b = 95,567$ Amperios
- Acometida inferior e en punta (único subministro)

Con estes datos, a CXP que máis se axusta é a **CGP-7-160/BUC**, xa que o modelo previo vai por baixo, e o seguinte modelo é excesivo.

- Para a elección dos fusibles da CXP, temos que cumplir 3 condicións:

1ª Condición – Intensidade nominal do fusible

$$I_b (\text{instalación}) < I_{N \text{ fusible}} < I_{z LXA}$$

Lembremos que a función dos fusibles da CXP é protexer a LXA da instalación de enlace, polo que temos que determinar a sección mínima que circulará polo criterio de caída de tensión (ás veces é o mais restritivo) e unha vez coñecido teremos a máxima intensidade que permite dita liña.

- | | |
|----------------------|--|
| Determinación
LXA | <ul style="list-style-type: none"> Tensión de liña → U = 400 V Unipolar – Cobre – Illamento XLPE → $\sigma = 45,49 \text{ m}/\Omega \cdot \text{mm}^2$ Centralización Única → cdt (%)_{máx} ≤ 0,5 % ou cdt (V)_{máx} ≤ 2 Voltios Longitude LXA → 10 m |
|----------------------|--|

$$S_{LXA} = \frac{P \cdot L}{\sigma \cdot cdt(V) \cdot U} = \frac{59.590 \cdot 10}{45,49 \cdot 2 \cdot 400} = 16,37 \text{ mm}^2$$

A sección normalizada inmediata superior é de 25 mm² e segundo a táboa intensidades admisibles segundo o tipo de instalación (Instalación tipo A1 & XLPE 3 - col. 6b), ten unha Iz = 86 A, e por tanto non é válida. Escollemos a seguinte sección da LXA de 35 mm², xa que a súa Iz = 106 A, e polo momento cumple co criterio térmico e de caída de tensión da LXA.

Polo tanto:

$$I_b = 95,567 \text{ A} < I_{N \text{ fusible}} < I_{z LXA} = 106 \text{ A}$$

O único fusible que é válido nese rango de valores é de **100 A**.

2ª Condición – Tempo de fusión térmica do fusible.

Esta condición o que busca é que o fusible actúe térmicamente antes de producirse un deterioro irreversible no condutor por efectos térmicos do exceso de intensidade para o que está deseñado.

$$1,6 \cdot I_{N \text{ fusible}} \leq 1,45 \cdot I_{z \text{ LXA}}$$

Neste caso $1,6 \cdot 100 A \leq 1,45 \cdot 106 A \rightarrow 160 A > 153,7 \text{ Amperios}$.

Por tanto, o fusible de 100 A non cumpre ca 2ª condición, e vémonos na obriga de aumentar a sección da LXA a 50 mm^2 cuxa $I_z = 128 \text{ A}$ (xa que no rango previo non hai outro fusible posible), e comprobamos o criterio térmico sobre o mesmo fusible de 100 A, pero no novo rango tal que:

$$1,6 \cdot 100 A \leq 1,45 \cdot 128 A \rightarrow 160 A \leq 185,6 \text{ Amperios}$$

Polo tanto o fusible de 100 A é válido, sempre que a LXA sexa de 50 mm^2

(non se fai o cálculo co fusible de 125 A, xa que non cumple a 2ª Condición).

3ª Condición – Poder de Corte

Xeralmente os fabricantes garanten o poder de corte dos fusibles destinados ás CXP's en valores moi elevados, neste caso este fusible ten $PdC = 80 \text{ kA}$. Comprobaremos que a máxima intensidade que se pode presentar neste punto da instalación sexa inferior ó PdC dos fusibles.

$$I_{cc} = \frac{S_{cc}}{\sqrt{3} \cdot U} = \frac{3.000}{\sqrt{3} \cdot 400} = 4,33 \text{ kA}$$

Así pois, ó fusible de 100 A é totalmente válido.

A solución os apartados C e D son:

- Acometida: **RZ - AI 0,6/1kV 4x50 mm²**
- CXP: **CGP-7-160/BUC**
- Fusibles CXP:
 - Cantidadade: 3 Fusibles (un por fase)
 - Tipo: **NH gG**
 - Voltaxe: **500V**
 - Intensidade Nominal: **100 A**
 - PdC: **80 kA**
- LXA: **RZ1-K 0,6/1 kV 4x50 mm²**
 - $S_{\text{neutro}} = S_{\text{fase}}$, pódese reducir á metade segundo a ITC-BT-14 sempre e cando se teña en conta os máximos desequilibrios previsibles, neste caso non é así, aínda que se admite a sección de 25 mm^2 como válida (sendo neste último caso a seguinte designación: **RZ1-K 0,6/1 kV 3x50/25 mm²**).
 - Diámetro da tubaxe empotrada, segundo a táboa, é de **125 mm**.



Apartado E.

En primeiro lugar, imos determinar o número de ocos mínimos necesarios:

- Ocos das subministracións únicas:
 - 5 vivendas = 5 ocos
 - 3 locais comerciais = 3 ocos
 - 1 garaxe comunitario = 1 oco
- Ocos para servicios xerais = 3 ocos
- Previsión de ocos = $\frac{\text{Ocos subministracións únicas}}{10} = \frac{9}{10} = 0,9 \approx 1 \text{ oco}$
- IRVE e sistema SPL = 0 ocos (xa que non hai).

Todo fai un total de **13 ocos** para unidades funcionais de medida (contadores).

Por outro lado, imos calcular o número de módulos necesarios:

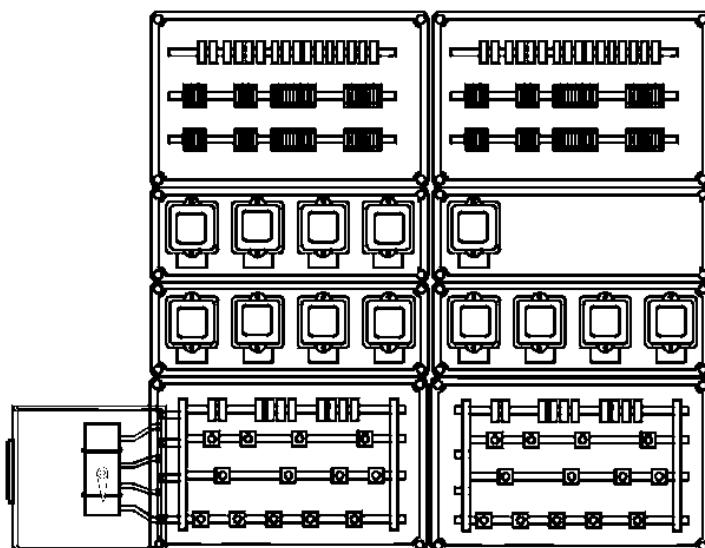
- nº módulos = $\frac{\text{Total ocos}}{4 \text{ ocos}} = \frac{13}{4} = 3,25 \text{ módulos} \approx 4 \text{ módulos}$
- Unidade funcional interruptor xeral de manobra (IXM) = 1 módulo
- Unidade funcional de embarrado xeral e fusibles de seguridade (estes módulos soen ter o dobre de capacidade que os módulos de contadores):

$$\frac{\text{Total huecos}}{8 \text{ ocos}} = \frac{13}{8} = 1,625 \text{ módulos} \approx 2 \text{ módulos}$$

- Unidade funcional de embarrado de protección e bornes de saída (estes módulos soen ter o dobre de capacidade que os módulos de contadores):

$$\frac{\text{Total huecos}}{8 \text{ ocos}} = \frac{13}{8} = 1,625 \text{ módulos} \approx 2 \text{ módulos}$$

Isto fai un total de **9 módulos**.

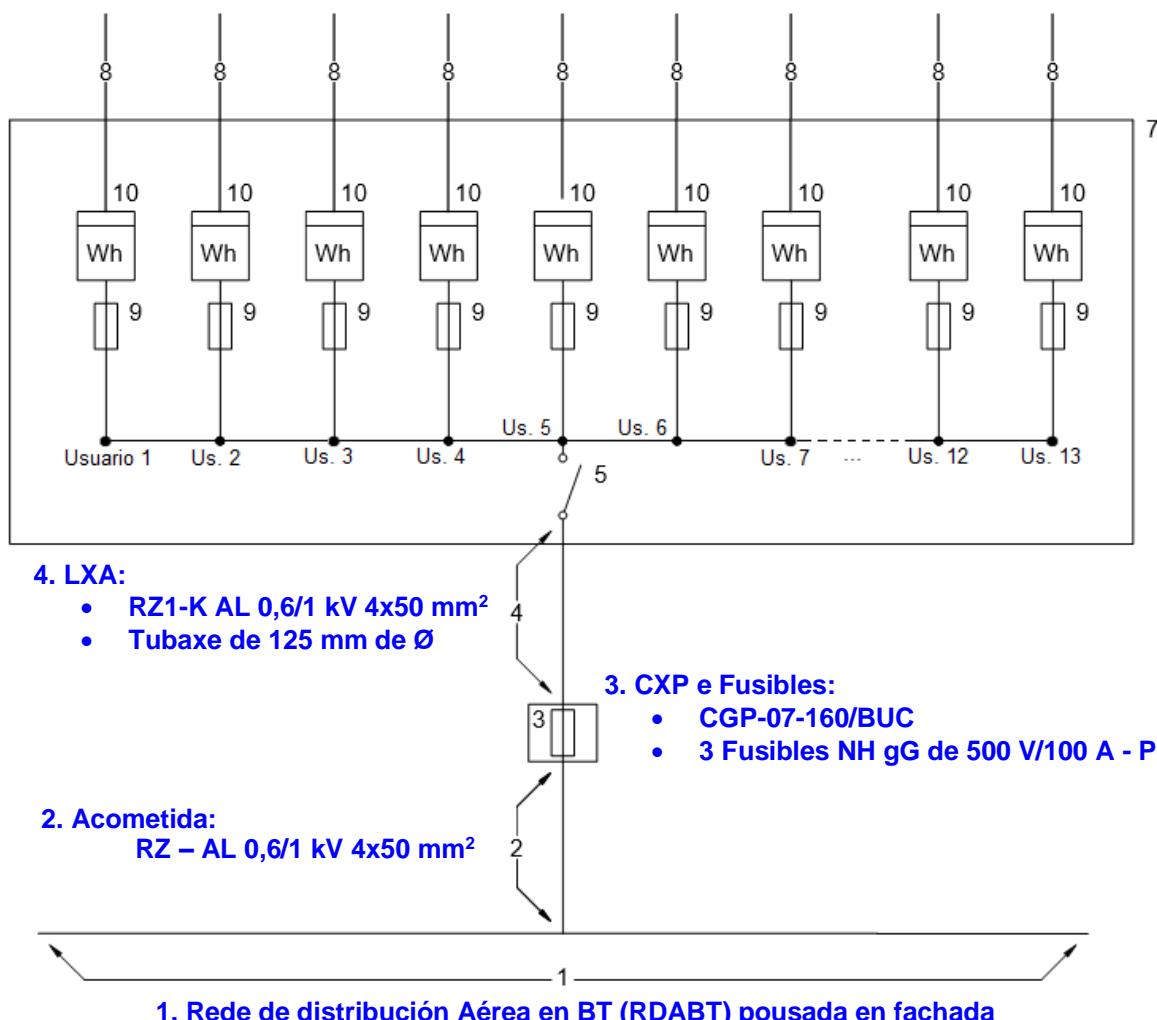


Centralización de Contadores do edificio



Apartado F.

A Instalación de enlace do ejercicio sería:



Lenda

- | | | | |
|---|-------------------------------|----|-----------------------------|
| 1 | Rede de distribución. | 6 | Caixa de derivación. |
| 2 | Acometida. | 7 | Emprazamento de contadores. |
| 3 | Caixa xeral de protección. | 8 | Derivación individual. |
| 4 | Liña xeral de alimentación. | 9 | Fusible de seguridade. |
| 5 | Interruptor xeral de manobra. | 10 | Contador. |

4. (2 P) Trátase de deseñar a instalación de posta a terra dun centro de transformación de superficie, nun edificio prefabricado independente, co obxecto de cumplir os requisitos regulamentarios esixidos para os materiais do CT.

As características da rede de distribución que alimenta o CT son as seguintes:

- Tensión nominal da rede: $U_n = 15 \text{ kV}$.
- Rede con neutro illado na subestación e sen conexión a terra das súas pantallas.
- Lonxitude das liñas aéreas de 15 kV que parten da subestación: 50 km.
- Lonxitude das liñas subterráneas de 15 kV que parten da subestación: 24 km.
- Proteccións, no caso de defecto a terra, mediante relé de sobreintensidade a tempo independente cun tempo de actuación de 0,5 s e unha intensidade de arranque de 1 A.

As características do centro de transformación e o seu emprazamento son as seguintes:

- Localización na contorna rural.
- Resistividade do terreo: $\rho = 700 \Omega \cdot \text{m}$.
- Dimensíóns: 6 m x 3 m.
- Profundidade do sistema de posta a terra: 0,5 m.
- Resistencia do calzado ou material illante: $R_{a1} = 2.000 \Omega$.
- Impedancia do corpo humano: $Z_B = 1.000 \Omega$.

Calcular

- a) Tensións de paso e contacto máximas admisibles na instalación. **(0,75P)**
- b) Designación do sistema de posta a terra e valor da resistencia de posta a terra de protección, que cumpra cos requisitos regulamentarios das tensións de paso e contacto. **(0,5P)**
- c) Distancia de separación entre o sistema de posta a terra de protección e o sistema de posta a terra do neutro de BT (terra de servizo). **(0,25P)**
- d) Comprobación do nivel de illamento do cadro de distribución de baixa tensión do CT, sabendo que a ITC-RAT-14 do RAT, indica que a tensión soportada polo cadro de BT do CT debe ser de 10 kV durante un minuto. **(0,5P)**



4. (2 P) Se trata de diseñar la instalación de puesta a tierra de un centro de transformación de superficie, en un edificio prefabricado independiente, con el objeto de cumplir los requisitos reglamentarios exigidos para los materiales del CT.

Las características de la red de distribución que alimenta el CT son las siguientes:

- Tensión nominal de la red: $U_n = 15 \text{ kV}$.
- Red con neutro aislado en la subestación y sin conexión a tierra de sus pantallas.
- Longitud de las líneas aéreas de 15 kV que parten de la subestación: 50 km.
- Longitud de las líneas subterráneas de 15 kV que parten de la subestación: 24 km.
- Protecciones, en caso de defecto a tierra, mediante relé de sobreintensidad a tiempo independiente con un tiempo de actuación de 0,5 s y una intensidad de arranque de 1 A.

Las características del centro de transformación y su emplazamiento son las siguientes:

- Ubicación en zona rural.
- Resistividad del terreno: $\rho = 700 \Omega \cdot \text{m}$.
- Dimensiones: 6 m x 3 m.
- Profundidad del sistema de puesta a tierra: 0,5 m.
- Resistencia del calzado o material aislante: $R_{a1} = 2.000 \Omega$.
- Impedancia del cuerpo humano: $Z_B = 1.000 \Omega$.

Calcular:

- a) Tensiones de paso y contacto máximas admisibles en la instalación. (0,75P)
- b) Designación del sistema de puesta a tierra y valor de la resistencia de puesta a tierra de protección, que cumpla con los requisitos reglamentarios de las tensiones de paso y contacto. (0,5P)
- c) Distancia de separación entre el sistema de puesta a tierra de protección y el sistema de puesta a tierra del neutro (tierra de servicio), de BT. (0,25P)
- d) Comprobación del nivel de aislamiento del cuadro de distribución de baja tensión del CT, sabiendo que la ITC-RAT-14 del RAT, indica que la tensión soportada por el cuadro de BT del CT debe ser de 10 kV durante un minuto. (0,5P)

SOLUCIÓNS

Proba B.2. - OPCIÓN 1

Problema 4



XUNTA
DE GALICIA

CONSELLERÍA DE
CULTURA, EDUCACIÓN
E UNIVERSIDADE

TRIBUNAL N°1 CONCURSO-OPOSICIÓN 2023
ESPECIALIDADE : SISTEMAS ELECTROTÉCNICOS E AUT.
IES 12 DE OUTUBRO- OURENSE

**Apartado A.**

Para determinar as tensións de contacto exteriores admisibles (U_c) e as tensións de paso exteriores admisibles (U_p), xa que as interiores se entenden como nulas, ó estar o CT construído cun mallazo equipotencial, partimos dos valores que nos aporta a táboa de valores da tensión de contacto en función do tempo de actuación das proteccións, onde:

$$\text{Para } t_{cc} = 0,5 \text{ seg} \rightarrow \begin{cases} U_{ca} = 204 \text{ Voltios} \\ U_{pa} = U_{ca} \cdot 10 = 2.040 \text{ Voltios} \end{cases}$$

Con estes valores, procedemos ó cálculo das tensións de paso e contacto admisibles:

$$U_c = U_{ca} \cdot \left[1 + \frac{R_{a1} + 3 \cdot \rho}{2 \cdot Z_B} \right] = 204 \cdot \left[1 + \frac{2.000 + 3 \cdot 700}{2 \cdot 1.000} \right] = 622,2 \text{ Voltios}$$

$$U_p = U_{pa} \cdot \left[1 + \frac{2 \cdot R_{a1} + 6 \cdot \rho}{Z_B} \right] = 2.040 \cdot \left[1 + \frac{2 \cdot 2.000 + 6 \cdot 700}{1.000} \right] = 18.768 \text{ Voltios}$$

Apartado B.

Imos calcular a intensidade de defecto (I_d), que será a mesma que pode circular polo sistema de posta a terra (PaT) do CT, que é a intensidade de posta a terra (I_E), en caso de defecto, tal que:

$$I_d = I_E = \frac{c \cdot \sqrt{3} \cdot U_n \cdot (w \cdot C_a \cdot L_a + w \cdot C_s \cdot L_s)}{\sqrt{1 + (w \cdot C_a \cdot L_a + w \cdot C_s \cdot L_s)^2 \cdot (3 \cdot R_T)^2}}$$

Antes de proceder co cálculo, imos escoller o sistema de posta a terra máis favorable da táboa, asumindo o risco de que non sexa a única solución nin a mais económica. Polo tanto, o sistema en cuestión é:

$$\text{CPT-G-(6x3)/0,5 + 8P8} \\ \text{que segundo a Táboa} \rightarrow \begin{cases} k_r = 0,044 \Omega \cdot m \\ k_p = 0,0079 \Omega \cdot m \\ k_c = k_{p_{acc}} = 0,0124 V / (\Omega \cdot m) \cdot A \end{cases}$$

Porén:

$$R_T = k_r \cdot \rho = 0,044 \cdot 700 = 30,8 \Omega$$

$$I_d = I_E = \frac{1,1 \cdot \sqrt{3} \cdot 15.000 \cdot (2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot 0,006 \cdot 10^{-6} \cdot 50 + 2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot 0,25 \cdot 10^{-6} \cdot 24)}{\sqrt{1 + (2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot 0,006 \cdot 10^{-6} \cdot 50 + 2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot 0,25 \cdot 10^{-6} \cdot 24)^2 \cdot (3 \cdot 30,8)^2}}$$

$$I_d = I_E = 55,64 \text{ Amperios}$$

A intensidade de defecto é moi superior á intensidade de actuación das proteccións que é de 1 A. Así a tensión de defecto será:

$$U'_c = k_c \cdot \rho \cdot I_E = 0,0124 \cdot 700 \cdot 55,64 = 482,9 \text{ Voltios}$$

$$U'_c = 482,9 \text{ Voltios} < U_c = 622,2 \text{ Voltios}$$

$$U'_p = k_p \cdot \rho \cdot I_E = 0,0079 \cdot 700 \cdot 55,64 = 307,7 \text{ Voltios} << U_p = 18.768 \text{ Voltios}$$

Con estes resultados o sistema **CPT-G-(6x3)/0,5 + 8P8** é mais que de sobra válido.



Cálculo de comprobación de solución única:

Imos analizar que a solución anterior é solución única a través do cálculo do sistema de posta a terra previo do empregado, é dicir CPT-G-(6x3)/0,5 + 4P8 (sistema con só 4 picas de 8 metros en vez de 8 como é na solución aportada), se esta solución non é válida, os sistemas de posta a terra con menos picas e de menor lonxitude tampouco serán válidos.

Entón:

$$R_T = k_r \cdot \rho = 0,53 \cdot 700 = 37,1 \Omega$$

$$I_d = I_E = \frac{1,1 \cdot \sqrt{3} \cdot 15.000 \cdot (2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot 0,006 \cdot 10^{-6} \cdot 50 + 2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot 0,25 \cdot 10^{-6} \cdot 24)}{\sqrt{1 + (2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot 0,006 \cdot 10^{-6} \cdot 50 + 2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot 0,25 \cdot 10^{-6} \cdot 24)^2} \cdot (3 \cdot 37,1)^2}}$$

$I_d = I_E = 55,24$ Amperios, produce o disparo das proteccións.

Así, por tanto, a tensión de defecto será:

$$U'_c = k_c \cdot \rho \cdot I_E = 0,0194 \cdot 700 \cdot 55,24 = 750,16 \text{ Voltios}$$

$$U'_c = 750,16 \text{ Voltios} > U_c = 622,2 \text{ Voltios}$$

$$U'_p = k_p \cdot \rho \cdot I_E = 0,0107 \cdot 700 \cdot 55,24 = 413,75 \text{ Voltios}$$

$$U'_p = 413,75 \text{ Voltios} < U_p = 18.768 \text{ Voltios}$$

Á vista dos resultados o Sistema CPT-G-(6x3)/0,5 + 4P8 non é válido, aínda que a tensión de paso máxima admisible si cumple, non o fai a tensión de contacto máxima admisible, e por tanto calquera outro sistema con menos picas e de menor lonxitude non será válido tampouco (neses casos para que os sistemas sexan válidos, será preciso a construcción dunha beirarrúa perimetral complementaria ó sistema, que non é o obxectivo do exercicio).

Apartado C.

O potencial a adquirir polo neutro de BT (U_D), non pode ser superior a 1.000 Voltios, polo tanto, a distancia D entre os eléctrodos da posta a terra de protección do CT e os eléctrodos de posta a terra de servicio (neutro), é:

$$D \geq \frac{\rho \cdot I_d}{2 \cdot \pi \cdot U_D}$$

No noso caso específico:

$$D \geq \frac{700 \cdot 55,64}{2 \cdot \pi \cdot 1.000} \geq 6,2 \text{ metros}$$

As distancias entre as picas de PaT de protección e as picas de PaT de servicio debe ser igual ou maior a 6,2 metros.

Apartado D.

Segundo a ITC-RAT-14 do Regulamento de Instalacións de Alta Tensión (RAT), a tensión de illamento do cadro de BT do CT debe ser inferior a 10 kV como mínimo durante 1 minuto. Polo tanto:

$$U_{aisl_BT_CT} = R_T \cdot I_E - U_D + U_o = 30,8 \cdot 55,64 - 1.000 + 230 = 943,7 \text{ Voltios}$$

Como:

$$U_{aisl_{BT_CT}} = 943,7 \text{ Voltios} < 10 \text{ kV}$$

O noso sistema de PaT cumpre o nivel de illamento esixido.

5. (0,75 P) Un motor asíncrono trifásico de rotor bobinado, 400/230 V, 50 Hz, ten as seguintes características:

$$R_1 = 0,53 \Omega \quad X_{CC} = 9,5 \Omega$$

$$R'_2 = 0,56 \Omega \quad n=1.370 \text{ rpm}$$

Desprezándose a corrente de baleiro e as perdas mecánicas, pídese:

- a) Se se conecta a unha rede de 400 V (230/400), como se conecta? **(0,1 P)**
- b) O número de polos e a velocidade de sincronismo **(0,1 P)**
- c) O par, a corrente e o esvaramento (“deslizamiento”) nominais **(0,2 P)**
- d) O par e a corrente no arranque directo **(0,15 P)**
- e) O par máximo e a velocidade á que se produce **(0,2 P)**



5. (0,75 P) Un motor asíncrono trifásico de rotor bobinado, 400/230 V, 50 Hz, tiene estas características:

$$R_1 = 0,53 \Omega \quad X_{CC} = 9,5 \Omega$$

$$R'_2 = 0,56 \Omega \quad n=1.370 \text{ rpm}$$

Si se desprecian la corriente de vacío y las pérdidas mecánicas, se pide:

- a) Si se conecta a una red de 400 V (230/400), ¿cómo se conecta? **(0,1 P)**
- b) El número de polos y la velocidad de sincronismo. **(0,1 P)**
- c) El par, la corriente y deslizamiento nominales. **(0,2 P)**
- d) El par y la corriente en el arranque directo. **(0,15 P)**
- e) El par máximo y la velocidad a que se produce. **(0,2 P)**

SOLUCIÓNS

Proba B.2. - OPCIÓN 1

Problema 5

**Apartado A.**

Conexión Y

Apartado B.

Como a velocidad nominal do motor, 1.370 rpm, é algo inferior á de sincronismo, buscamos a velocidad sincrónica inmediata superior:

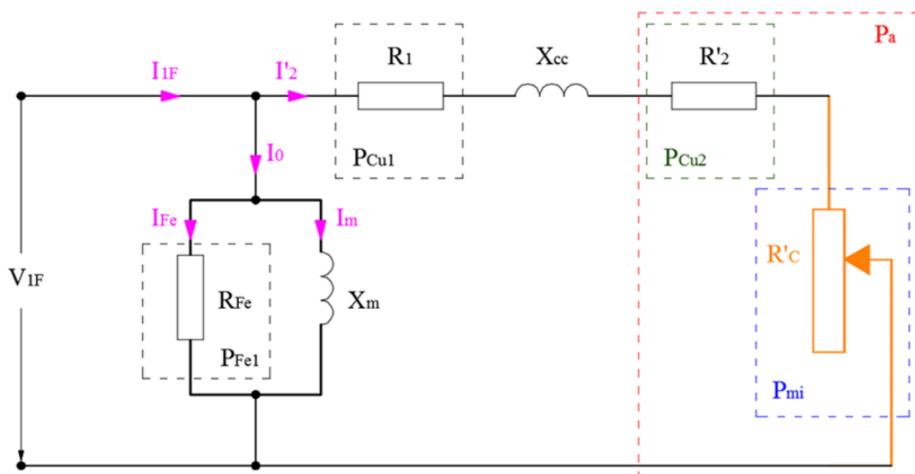
Podemos ver que é 1.500 rpm, que se corresponde cun motor de 4 polos (2 pares de polos)

Apartado C.

Como a velocidad nominal é 1.370 rpm, o seu esvaramento ("deslizamiento") valerá:

$$s = \frac{n_1 - n}{n_1} = \frac{1.500 - 1.370}{1.500} = 0,087$$

Co esvaramento e usando o circuito equivalente monofásico, calculamos o par:



$$M_n = \frac{3 \cdot \frac{R'_2}{s}}{\frac{2\pi}{60} \cdot n_1} \cdot \frac{V_{1F}^2}{\left(\left(R_1 + \frac{R'_2}{s} \right)^2 + X_{cc}^2 \right)} = \frac{3 \cdot \frac{0,56}{0,087}}{\frac{2\pi}{60} \cdot 1.500} \cdot \frac{230^2}{\left(\left(0,53 + \frac{0,56}{0,087} \right)^2 + 9,5^2 \right)} = 46,86 \text{ N} \cdot \text{m}$$

A tensión vale 230, por estar conectado en Y. Tamén se despreza a corrente de baleiro $I_0 \rightarrow I_1 = I'_2$. Cando nos piden calcular a intensidade dun motor, sempre nos piden a intensidade de liña (a que alimenta o motor). Neste caso, como partiremos do circuito equivalente monofásico e o motor está en Y, a intensidade de liña será igual á de fase:

$$I_{NF} = \frac{V_{1F}}{\sqrt{\left(\left(R_1 + \frac{R'_2}{s} \right)^2 + X_{cc}^2 \right)}} = \frac{230}{\sqrt{\left(\left(0,53 + \frac{0,56}{0,087} \right)^2 + 9,5^2 \right)}} = 19,52 \text{ A}$$

$$I_{NF} = I_{NL} = 19,52 \text{ A}$$

Apartado D.

No momento do arranque o esvaramento vale 1:

$$s = \frac{n_1 - n}{n_1} = \frac{1.500 - 0}{1.500} = 1$$

Con este esvaramento calculamos o par e a intensidade, usando as mesmas expresións que no apartado anterior:

$$M_a = \frac{3 \cdot \frac{R'_2}{s}}{\frac{2\pi}{60} \cdot n_1} \cdot \frac{V_{1F}^2}{\left(\left(R_1 + \frac{R'_2}{s} \right)^2 + X_{cc}^2 \right)} = \frac{3 \cdot \frac{0,56}{1}}{\frac{2\pi}{60} \cdot 1.500} \cdot \frac{230^2}{\left(\left(0,53 + \frac{0,56}{1} \right)^2 + 9,5^2 \right)} = 6,24 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$I_{aF} = \frac{V_{1F}}{\sqrt{\left(\left(R_1 + \frac{R'_2}{s} \right)^2 + X_{cc}^2 \right)}} = \frac{230}{\sqrt{\left(\left(0,53 + \frac{0,56}{1} \right)^2 + 9,5^2 \right)}} = 24,05 \text{ A}$$

$$I_{aF} = I_{aL} = 24,05 \text{ A}$$

Apartado E.

O par máximo darase cando o esvaramento sexa:

$$S_{máx} = \frac{R'_2}{\sqrt{R'_2 + X_{cc}^2}} = \frac{0,56}{\sqrt{0,53^2 + 9,5^2}} = 0,0589$$

Este esvaramento correspón dese cunha velocidade de:

$$s = \frac{n_1 - n}{n_1} \rightarrow n = n_1 \cdot (1 - s) = 1.500 \cdot (1 - 0,0589) = 1.411,65 \text{ rpm}$$

E empregamos de novo a expresión do momento para o calculo do momento máximo agora con $s = 0,0589$

$$M_{máx} = \frac{3 \cdot \frac{R'_2}{s}}{\frac{2\pi}{60} \cdot n_1} \cdot \frac{V_{1F}^2}{\left(\left(R_1 + \frac{R'_2}{s} \right)^2 + X_{cc}^2 \right)} = \frac{3 \cdot \frac{0,56}{0,0589}}{\frac{2\pi}{60} \cdot 1.500} \cdot \frac{230^2}{\left(\left(0,53 + \frac{0,56}{0,0589} \right)^2 + 9,5^2 \right)} = 50,29 \text{ N} \cdot \text{m}$$



6. (2 P) Deséxase realizar a posta en marcha dun automatismo para facer a mestura de dous líquidos representada na figura, gobernado por un autómata; para isto, cómpre facer os graflets correspondentes á secuencia de arranque, parada de emergencia e proceso, de acordo coas especificacións de funcionamento e dos compoñentes físicos que se detallan de seguido.

Proceso

O proceso consta de catro fases

- **Fase 1:** Enchido dos depósitos 1 e 2. O enchido ten que iniciarse á vez, aínda que non tarden o mesmo tempo.
- **Fase 2:** Quentamento do líquido contido nos depósitos; para entrar nesta fase, ámbolos dous tanques teñen que estar cheos e ademais teñen que empezar ó mesmo tempo. As temperaturas que deben acadar son diferentes, pero os dous deben estar na temperatura axeitada simultaneamente para pasar á fase seguinte.
- **Fase 3:** Baleirado de ambos tanques á mesturadora, cando os dous teñan a temperatura axeitada dá comezo o baleirado (a capacidade da mesturadora é suficiente).
- **Fase 4:** Proceso de mesturado. Este proceso empieza cando os depósitos están totalmente baleiros, para isto o mesturador dispón dun motor con inversión de xiro que xirará 5 s a dereitas e 3 s en sentido contrario.

Secuencia de arranque e paro

Preténdese automatizar o funcionamento de **5 ciclos**, dispoñemos dun pulsador de marcha P1 (NO) que inicia o proceso, fai 5 ciclos completos e para só. Para deter o sistema antes de rematar os 5 ciclos dispoñemos dun pulsador de paro P2 (NC); será un paro de fin de ciclo, cando o accionemos o sistema finalizará o ciclo no cal se atopa e parará.

Parada de emergencia

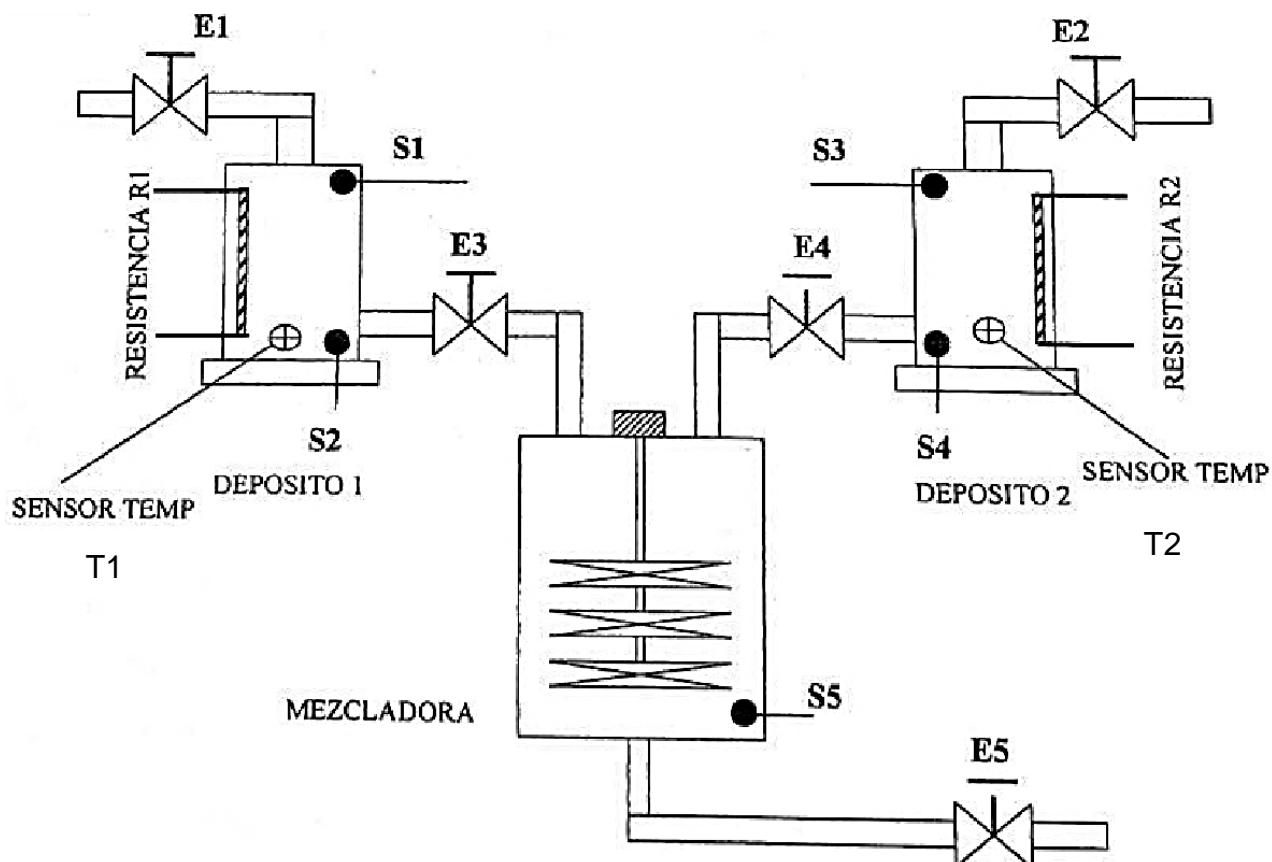
A seta de emergencia P3 (NC) para o sistema de modo inmediato, ó restablecela ábrense as válvulas E3, E4 e E5 para baleirar o contido de todos os depósitos; cando todos están



baleiros o sistema volve ó repouso (non se conservan os valores). Para iniciar o funcionamento cílico de novo cómpre volver pulsar P1.

Características dos elementos físicos

- E1, E2, E3, E4 e E5 válvulas solenoide monoestables, non teñen detector de posición.
- O axitador da mesturadora é un motor trifásico con inversión de xiro
- R1 e R2 son dúas resistencias quentadoras.
- Todos os sensores son normalmente abertos.



Pídese:

- Relación de entradas e saídas (**0,2 P**)
- Grafcet de nivel 2 de marcha paro do sistema, debidamente coordinado. (**0,4 P**)
- Grafcet de nivel 2 de funcionamento, debidamente coordinado. (**1 P**)
- Grafcet de nivel 2 de parada de emerxencia. (**0,4 P**)



6.- (2 P) Se desea realizar la puesta en marcha de un automatismo para obtener la mezcla de dos líquidos representado en la figura, gobernado por un autómata; para ello, es necesario implementar los grafsets correspondientes a la secuencia de arranque, parada de emergencia y proceso según las especificaciones de funcionamiento y de los componentes físicos que se detallan a continuación.

Proceso

El proceso consta de cuatro fases

- **Fase 1:** Llenado de los depósitos 1 y 2. El llenado ha de hacerse a la vez, aunque ambos tanques no tarden el mismo tiempo.
- **Fase 2:** Calentamiento del líquido contenido en los depósitos; para entrar en esta fase, ambos tanques tienen que estar llenos y además se inicia a la vez en ambos. Las temperaturas que deben alcanzar son distintas, pero ambos deben estar en la temperatura adecuada simultáneamente para pasar a la fase siguiente.
- **Fase 3:** Vaciado de ambos tanques a la mezcladora, cuando ambos hayan alcanzado la temperatura adecuada da comienzo el vaciado (la capacidad de la mezcladora es suficiente).
- **Fase 4:** Proceso de mezclado. Este proceso se inicia cuando los depósitos se han vaciado totalmente, para realizar el mezclado disponemos de un motor con inversión de giro que girará 5 s en sentido horario y 3 s en sentido antihorario.

Secuencia de arranque y paro

Se pretende automatizar el funcionamiento de **5 ciclos**, para ello disponemos de un pulsador de marcha P1 (NO) que inicia el proceso, hace 5 ciclos completos y se detiene solo. Para detener el sistema antes de terminar los 5 ciclos disponemos de un pulsador de paro P2 (NC); será un paro de fin de ciclo, cuando lo accionemos el sistema terminará el ciclo en el cual se encuentra y se detendrá.

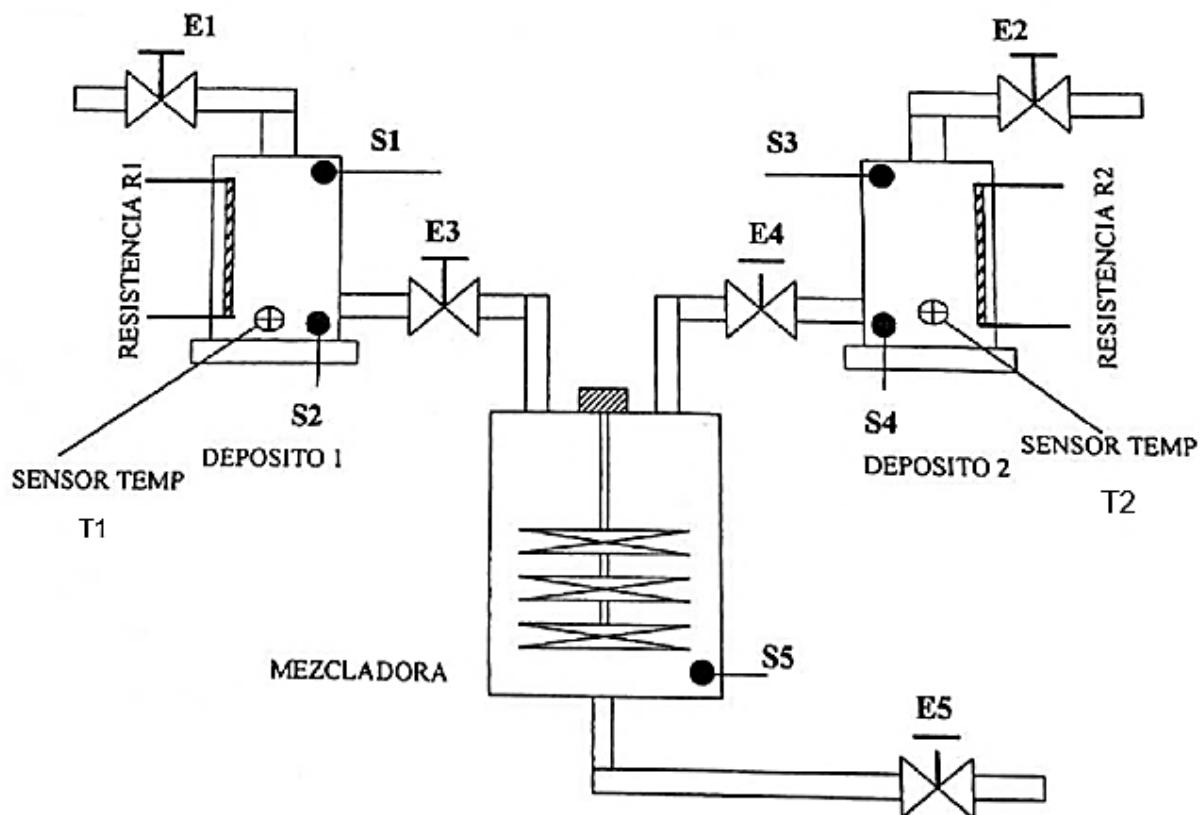
Parada de emergencia

La seta de emergencia P3 (NC) para el sistema de modo inmediato, al restablecerla se abren las válvulas E3, E4 y E5 para vaciar el contenido de todos los depósitos; una vez que todos están vacíos el sistema vuelve al inicio (no se conservan los valores). Para iniciar el funcionamiento cíclico deberemos accionar P1 de nuevo.



Características de los elementos físicos

- E1, E2, E3, E4 y E5 electroválvulas monoestables, no tienen detector de posición.
- El agitador de la mezcladora es un motor trifásico con inversión de giro.
- R1 y R2 son dos resistencias calefactoras.
- Todos los sensores son normalmente abiertos.



Se pide:

- Relación de entradas y salidas. (**0,2 P**)
- Grafcet de nivel 2 de marcha paro del sistema, debidamente coordinado. (**0,4 P**)
- Grafcet de nivel 2 de funcionamiento, debidamente coordinado. (**1 P**)
- Grafcet de nivel 2 de parada de emergencia. (**0,4 P**)

SOLUCIÓNS

Proba B.2. - OPCIÓN 1

Problema 6



XUNTA
DE GALICIA

CONSELLERÍA DE
CULTURA, EDUCACIÓN
E UNIVERSIDADE

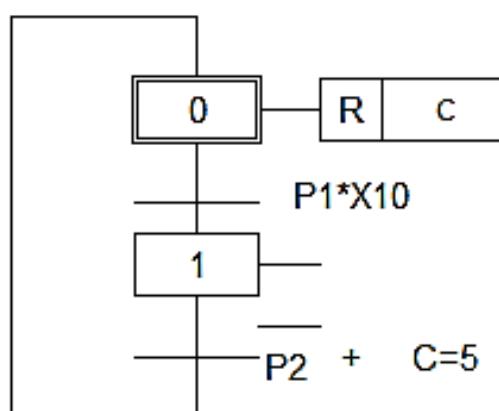
TRIBUNAL N°1 CONCURSO-OPOSICIÓN 2023
ESPECIALIDADE : SISTEMAS ELECTROTÉCNICOS E AUT.
IES 12 DE OUTUBRO- OURENSE

Apartado A.

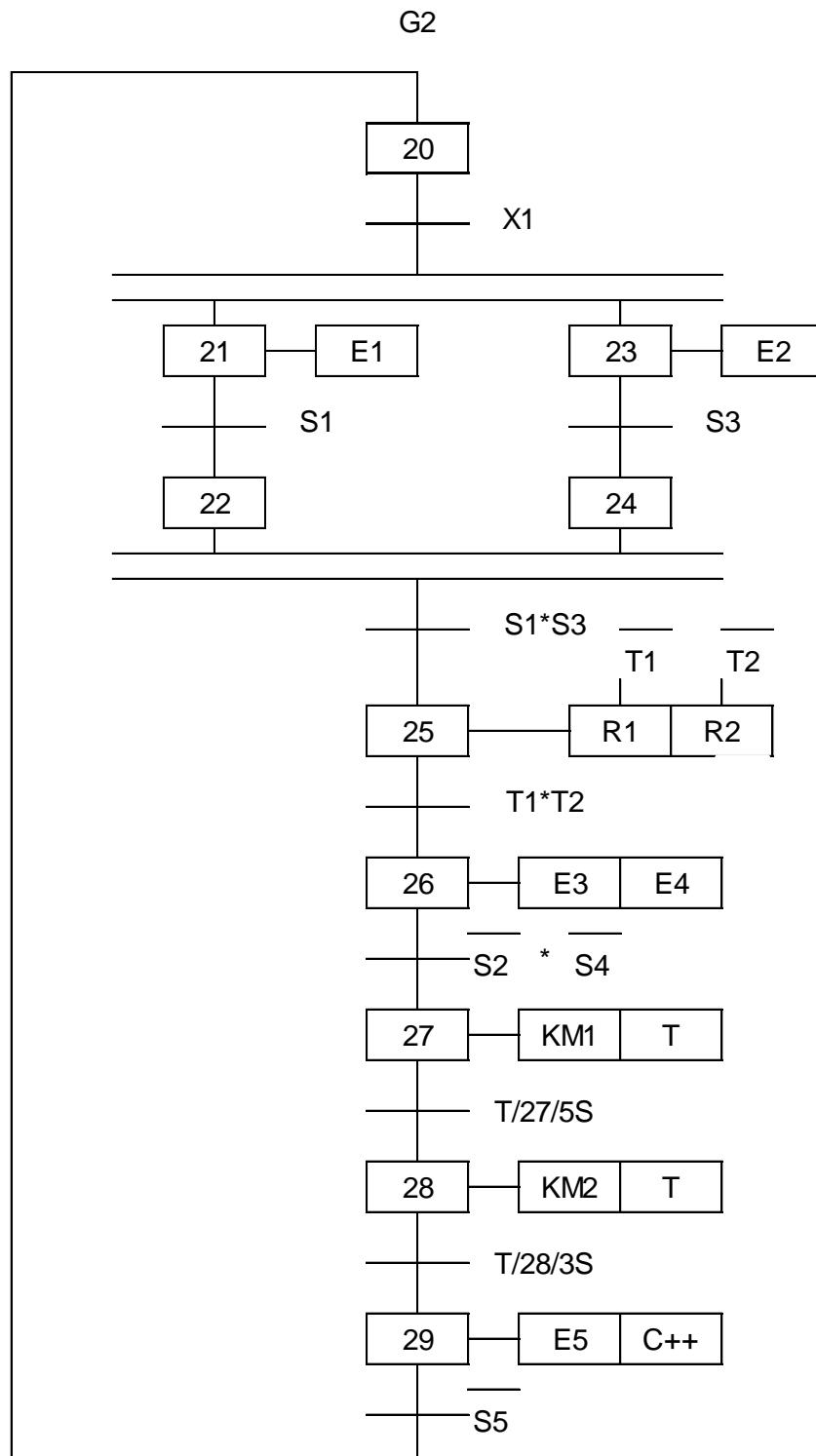
Entradas	Saídas
P1	E1
P2	E2
P3	E3
S1	E4
S2	E5
S3	R1
S4	R2
S5	KM1
T1	KM2
T2	

Apartado B.

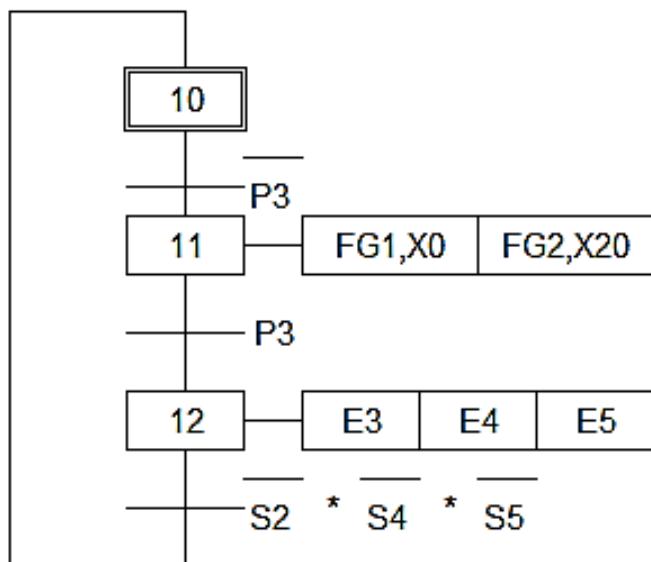
G1



Apartado C.



Apartado D.

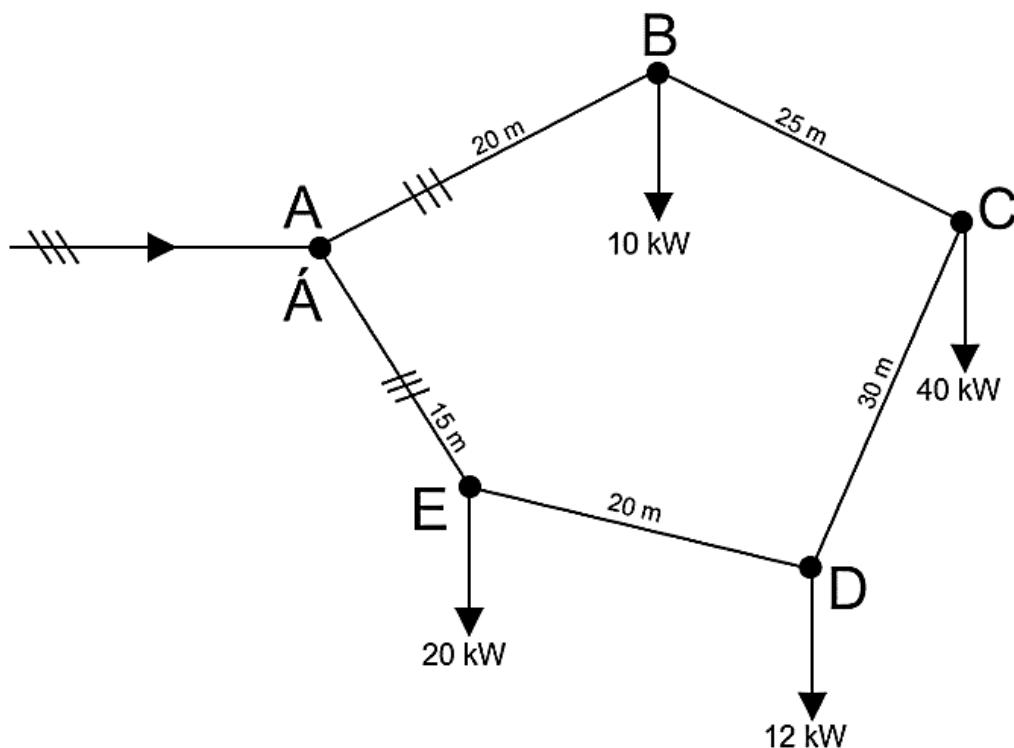




7. (1 P) A liña trifásica en anel representada na figura, ten unha tensión nominal 400/230 V, 50 Hz. A sección de toda a liña é de 50 mm^2 e considérase un factor de potencia común para todas as cargas de 0,8 indutivo. Os condutores son unipolares, de aluminio illado con EPR 0,6/1 kV e a instalación é enterrada baixo tubo.

Calcular:

- Punto de mínima tensión (0,6 P)
- Caída de tensión (0,4 P)

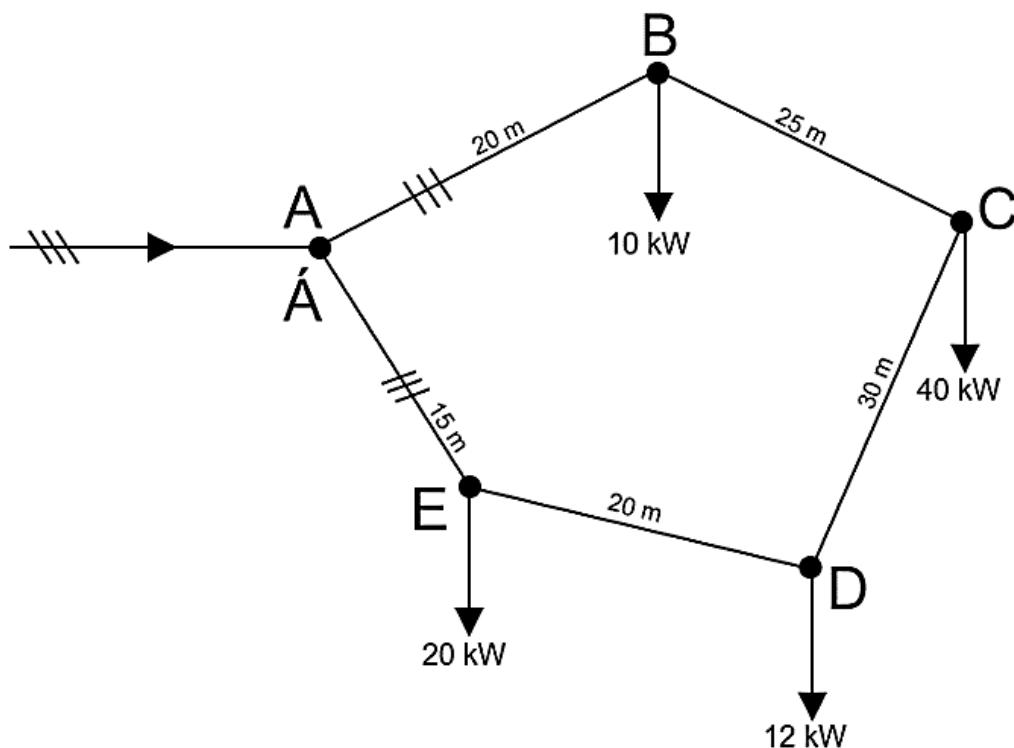




7. (1 P) La línea trifásica en anillo representada en la figura, posee una tensión nominal 400/230 V, 50 Hz. La sección de toda la línea es de 50 mm^2 y se considera un factor de potencia común para todas las cargas de 0,8 inductivo. Los conductores son unipolares, de aluminio aislado con EPR 0,6/1 kV y la instalación es enterrada bajo tubo.

Calcular:

- a) Punto de mínima tensión. (0,6 P)
- b) Caída de tensión. (0,4 P)



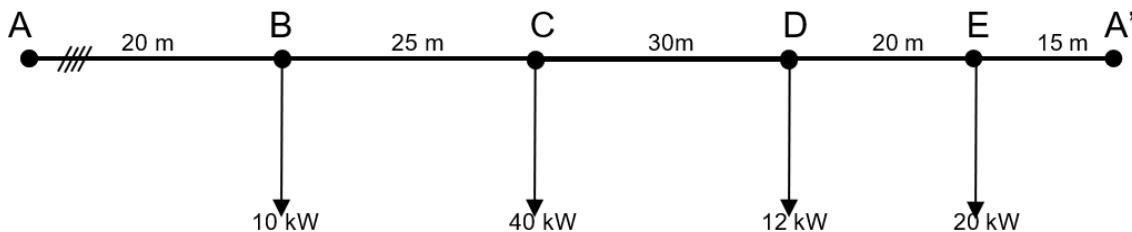
SOLUCIÓNS

Proba B.2. - OPCIÓN 1

Problema 7

**Apartado A.**

Unha liña en anel, analízase coma unha liña aberta alimentada dende os seus dous extremos, polo que a liña quedaría tal que así:



Buscamos o punto de mínima tensión, en función da potencia que se entrega dende os extremos A e A', de tal xeito que:

$$P_{A'} = \frac{\sum(L \cdot P)}{L_{Total}} = \frac{(20 \cdot 10.000 + 45 \cdot 40.000 + 75 \cdot 12.000 + 95 \cdot 20.000)}{110} = \\ P_{A'} = 43.636,36 \text{ w} \cong 43.636 \text{ w} = 43,636 \text{ kW}$$

A potencia entregada dende o outro extremo obtense restando do total da potencia que solicita o sistema, a potencia que entrega o outro extremo, sendo:

$$P_A = P_{Total} - P_{A'} = 82.000 - 43.636$$

$$P_A = 38.364 \text{ w} = 38,364 \text{ kW}$$

O punto de mínima tensión tanto dende A como de A', é C, que recibe os seus 40 kW dos extremos A e A', da seguinte forma:

- Do extremo A, o punto C recibe toda a potencia do extremo A menos a que absorbe o punto B, sendo:

$$P_C \text{ donde } A = P_A - P_B = 38.364 - 10.000 = 28.364 \text{ w}$$

- Do extremo A', o punto C recibe toda a potencia do extremo A' menos as que absorben os puntos D e E, sendo:

$$P_C \text{ donde } A' = P_{A'} - P_D - P_E = 43.636 - 20.000 - 12.000 = 11.636 \text{ w}$$

Apartado B.

Imos determinar cal é a caída de tensión que se produce no punto de mínima tensión C.

Para elo da igual tomar o camiño A-C ou A'-C xa que a caída de tensión por un extremo ou outro é a mesma (do contrario hai un erro de cálculo no apartado previo).

$$cdt(V)_{A'C} = cdt(V)_{AC} = \frac{\sum(L \cdot P)_{AC}}{\gamma \cdot s \cdot U_L} = \frac{(20 \cdot 10.000 + 45 \cdot 28.364)}{27,8 \cdot 50 \cdot 400} = 2,655 \text{ Voltios}$$

$$cdt(\%)_{A'C} = cdt(\%)_{AC} = \frac{cdt(\%)_{AC} \cdot 100}{U_L} = \frac{2,655 \cdot 100}{400} = 0,664\%$$

