LECP

Carpeta de Montero Espinosa resuelta

LABORATORIO DE ELECTRÓNICA BÁSICA Y COMPONENTES
COMPONENTES ELECTRÓNICOS PASIVOS

Versión 2.0

1. Características generales de los componentes:

El **valor real** de un componente, en **condiciones nominales** de temperatura, frecuencia, tensión, ... debe encontrarse en el margen marcado por el **valor nominal** de la serie y la **tolerancia**:

$$VR_{CN} = VN \pm T\,[\%]$$

Se define como coeficiente de temperatura para una temperatura dada al valor:

$$\alpha(T_0) = \frac{1}{R(T_0)} \left.\frac{dR}{dT}\right|_{T=T_0}$$

Si la **variación** de la resistencia, capacidad, ... (o cualquier otra magnitud) con la temperatura (o cualquier otra variable) **es lineal** se expresa mediante el correspondiente **coeficiente:**

$$R(T_1) = R(T_0)\left[1 + \alpha(T_1 - T_0)\right]$$

Si la variación es **no-lineal** el fabricante dará la información en forma **gráfica.**
En **ningún caso** se puede **superar la tensión nominal** o la **temperatuira máxima** de funcionamiento de un componente.

Comportamiento térmico-disipación de potencia:

Al aplicar potencia eléctrica se aumenta la temperatura de un componente, siendo el **incremento de temperatura proporcional a la energía** almacenada:

$$dT_C = \frac{1}{C_{th}} P_a \cdot dt \Rightarrow P_a = C_{th}\frac{dT_C}{dt}$$

Todo elemento a temperatura mayor de 0K disipa potencia en forma de calor. La **potencia disipada (radiación-conducción-convección) se puede suponer que es proporcional a la diferencia de temperatura entre el componente y el ambiente:**

$$P_d = \frac{1}{R_{th}}(T_C - T_a)$$

Existe un equivalente eléctrico del circuito térmico que podemos utilizar para calcular la **temperatura del componente** en cualquier instante de tiempo. La constante de respuesta térmica del componente es:

$$\tau_{th} = R_{th} \cdot C_{th}$$

Si el periodo de la señal es mucho mayor que la constante de respuesta térmica el componente responde al **valor instantáneo de potencia** aplicada (valor de pico de tensión), si es **mucho más pequeño** responde al **valor medio de la potencia aplicada** (valor eficaz de tensión). En situaciones intermedias hay que resolver la ecuación diferencial resultante del circuito equivalente eléctrico.

En **equilibrio térmico** la **temperatura del componente es constante** y, por tanto, **toda la potencia eléctrica aplicada se disipa al ambiente** en forma de calor.

$$T_C = cte. \quad y \qquad P_a = P_d = \frac{1}{R_{th}}(T_C - T_a)$$

Existe un equivalente eléctrico del circuito térmico que podemos utilizar para calcular la temperatura del componente en cualquier instante de tiempo.

Potencia nominal de un componente es el valor de potencia que hace que el componente alcance la **temperatura máxima de funcionamiento** a la temperatura ambiente de especificación:

$$P_N = \frac{1}{R_{th}}\left(T_{C_{MAX}} - T_N\right)$$

2. Resistores lineales:

Resistencia-resistividad, el valor óhmico de un resistor depende de las propiedades del material (resistividad) y de la geometría, directamente proporcional a la longitud del camino resistivo e inversamente proporcional a su sección:

$$R = \rho\frac{l}{S}$$

Las series de resistores se fabrican en un conjunto de **valores preferidos,** distribuidos logarítmicamente en cada década, que dependen de la tolerancia de la serie. Así p.ej. la serie de tolerancia el 5% tiene 24 valores preferidos y se denomina E24. El número de cifras significativas necesarias para especificar el valor de un resistor lineal depende de la tolerancia, para tolerancias inferiores al 2% son necesarias 3 cifras significativas.

$$V_i = 10^{i/N} \qquad i = 0,\ldots, N-1$$

Para cada serie de resistores existe un valor de **resistencia crítica de la serie** en el que coinciden las limitaciones por potencia nominal y tensión nominal, o lo que es lo mismo, al aplicarle a la **resistencia crítica de la serie** la tensión nominal disipa la potencia nominal.

$$R_{CRÍTICA} = \frac{V_N^2}{P_N}$$

Para **valores óhmicos mayores** que la resistencia crítica, la tensión máxima aplicable estará **limitada por la tensión nominal** y los **valores óhmicos menores** tendrán limitada la tensión máxima aplicable **por la potencia** que disipan.

Las películas resistivas se caracterizan a través del valor de su **resistencia de hoja** y de la densidad de potencia disipable (W/cm^2).

$$\rho_S = \frac{\rho}{t} \qquad [\Omega / cuadro]$$

3. Resistores variables

Los **resistores variables** pueden entenderse como un resistor fijo al que se le añade un tercer terminal que hace contacto en una posición variable del elemento resistivo.
Se utilizan para regular la corriente entregada a una carga (**montaje reostato**) o la tensión aplicada en sus bornas (**montaje potenciómetro**)
Además de las limitaciones y parámetros característicos de los resistores lineales fijos debe destacarse:

- Aparece una limitación adicional dada por le **máxima corriente de cursor.**
- Dado que hay un terminal variable **la corriente no tiene por qué ser uniforme** a lo largo de todo el cuerpo del resistor, debe descomponerse en dos (al menos) resistores. **La potencia disipada por cada elemento puede ser diferente.**

Los parámetros mecánicos determinan fundamentalmente la aplicación a la que van destinados.

4. Resistores no-lineales:

Resistores cuyo valor óhmico depende fuertemente de alguna variable externa: Temperatura (termistores), tensión aplicada (varistores), luz (LDR), campo magnético (MDR), ... se utilizan fundamentalmente como elemento de protección, de compensación o como sensores resistivos.
Se distingue entre **resistencia estática** y **resistencia dinámica:**

$$R_{est} = \frac{V}{I} \qquad R_{din} = \frac{dV}{dI}$$

NTC Termistores de coeficiente negativo:
La ecuación que caracteriza la variación de resistencia con la temperatura, en todo el rango de temperaturas, es:

$$R(T) = R_{25} \cdot \exp B\left[\frac{1}{T} - \frac{1}{T_{25}}\right]$$

B es positivo y se expresa en unidades de K.
El **coeficiente de temperatura,** que es negativo y dependiente de la temperatura, vale:

$$\alpha(T) = -\frac{B}{T^2}$$

Dados los valores de R_{25} y B y sus tolerancias, la tolerancia en el **valor del resistor** depende de la temperatura y vale:

$$\frac{\Delta R}{R} = \frac{\Delta R_{25}}{R_{25}} + \left|B\left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_{25}}\right)\right|\frac{\Delta B}{B}$$

Dado que al aplicarle potencia eléctrica cualquier componente se caliente existe un acoplamiento térmico-eléctrico que, en el caso de una NTC en **equilibrio térmico,** viene dado por las ecuaciones:

$$R(T_C) = \frac{V}{I} = R_{25} \cdot \exp B\left[\frac{1}{T_C} - \frac{1}{T_{25}}\right]$$

$$P_d = P_a = V \cdot I = \frac{1}{R_{th}}(T_C - T_a)$$

$$R(T_C) = \frac{V}{I} = R_{25} \cdot \exp B\left[\frac{1}{V \cdot I \cdot R_{th} + T_{amb}} - \frac{1}{T_{25}}\right]$$

El fabricante suele proporcionar las **características tensión-corriente en equilibrio térmico** para dos temperaturas ambientes diferentes en escala lineal o logarítmica. De esta representación se obtiene el valor de R_{25}, B, R_{th}, T_{max}, R_{min}, ... El **punto de polarización** será el correspondiente al corte entre la recta de carga del termistor en el circuito y la característica tensión-corriente a la temperatura ambiente de trabajo.
Debe recordarse que:

- La temperatura en un componente electrónico **no varía de forma instantánea**
- La **potencia aplicada** es el producto de la tensión por la corriente, la **potencia disipada** depende de la temperatura a la que esté el componente. En **equilibrio** son iguales.

PTC Termistores de coeficiente positivo:
Los PTC presentan como característica fundamental el hecho de que la variación de resistencia con la temperatura sólo es exponencial en un margen más o menos estrecho de temperaturas. La variación se representa como:

$$R(T) = R_0 \quad ; T \leq T_{ref}$$

$$R(T) = R_0 \cdot \exp B[T - T_0] \quad ; T_{final} > T > T_{ref}$$

$$R(T) = R_{max} \quad ; T > T_{final}$$

El coeficiente de temperatura es B, y la tolerancia, también dependiente de la temperatura, vale:

$$\frac{\Delta R}{R} = \frac{\Delta R_{ref}}{R_{ref}} + B(T - T_{ref})\frac{\Delta B}{B}$$

5. Condensadores:

La capacidad de un condensador es la relación entre la carga almacenada y la tensión que aparece en sus bornas, depende tanto de las **propiedades del material** (constante dieléctrica) como **de la geometría** del componente.

$$C = \varepsilon_r \varepsilon_0 \frac{S}{l}$$

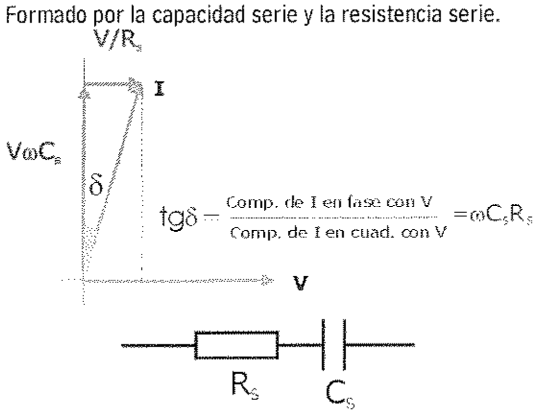
Al aplicar una **tensión continua** en bornas de un condensador real circula corriente: **la corriente de fugas**. El cociente entre la tensión aplicada y la corriente continua que circula es la **resistencia de aislamiento**. La **corriente de fugas** (I_F), la **resistencia de aislamiento** (R_I) o la constante de tiempo de autodescarga (τ) modelan el comportamiento del condensador en CONTINUA.

$$\tau[s] = R_I\,[M\Omega] \cdot C_N\,[\mu F]$$

En un **condensador real** el desfase entre la tensión y la corriente **no es exactamente de 90°** aparece una componente de **pérdidas en el dieléctrico**. La tangente del ángulo diferencia entre los 90° y el desfasaje real se denomina **tgδ, D, o FACTOR DE PÉRDIDAS**. Este comportamiento se modela utilizando un circuito equivalente formado por un condensador ideal y un elemento resistivo parásito bien sea en serie o en paralelo.

Circuito equivalente serie:

Formado por la capacidad serie y la resistencia serie.



La **tangente de δ** será el cociente entre la componente de corriente en fase con la tensión (elemento resistivo) y la componente de corriente en cuadratura con la tensión (capacidad ideal)

Si **tgδ<<1** (condensador ideal) entonces C_S=C.
La **impedancia del condensador** será:

$$Z_C = R_S + \frac{1}{j\varpi C_S}$$

Razonando de forma recíproca (componente de tensión en fase con la corriente y en cuadratura) pueden calcularse los elementos correspondientes al **circuito equivalente paralelo.**

$$\operatorname{tg}\delta = \frac{1}{\varpi R_p C_p}$$

Dado que **ambos circuitos equivalentes modelan el comportamiento del mismo condensador** existe una relación entre sus elementos:

$$R_p = R_S \frac{1 + \operatorname{tg}^2 \delta}{\operatorname{tg}^2 \delta} \qquad C_p = \frac{C_S}{\left(1 + \operatorname{tg}^2 \delta\right)}$$

Además del **efecto de las pérdidas** el modelo generalizado de un condensador debe incluir el efecto de la resistencia de los contactos y su inducción.

Disipación de potencia:

Aunque un condensador ideal no disipa potencia (la tensión y la corriente están desfasadas 90°) un condensador real **sí disipa potencia** (normalmente poca) al existir elementos resistivos parásitos.
La potencia disipada en **continua** será la **disipada en la resistencia de aislamiento**:

$$P_{DC} = V_{DC} I_f = I_f^2 \cdot R_I$$

La **potencia disipada en AC** será la que se disipe en la **resistencia serie**:

$$P_{AC} = I_{ac}^2 \cdot R_S = V_{ac}^2 \frac{\operatorname{tg}^2 \delta}{1 + \operatorname{tg}^2 \delta} \cdot \frac{1}{R_S}$$

El cálculo se puede repetir de forma recíproca para el **circuito equivalente paralelo.**

<u>Condensadores electrolíticos:</u>

Presentan la mayor capacidad por unidad de volumen. Son **polarizados**. Sus especificaciones suelen venir indicadas para una frecuencia nominal de 100 ó 120 Hz (2*f_{RED}). El fabricante suele dar el valor de **ESR** (resistencia serie equivalente) en vez de **tgδ**. Hay que presta atención a la **máxima tensión inversa aplicable.**

Lo que se dice aquí es válido para cualquier componente

TEMA 1: CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS COMPONENTES.

1.1 Coeficientes. Tolerancias

Coeficientes

Los tenemos cuando una propiedad varía en función de una magnitud.

Poniendo de ejemplo el coeficiente de temperatura:

$$\boxed{\frac{\Delta R}{R}(T) \equiv \alpha(T) = \frac{1}{R(T)}\frac{dR(T)}{dT} = \frac{d(\ln R(T))}{dT}}$$

Que en este caso será la expresión de la variación de la resistencia con respecto a la temperatura.

$$\alpha = \alpha(T_0) = \underline{\alpha(T)}\Big|_{T=T_0}$$

Nos lo pueden dar en ppm/ºC, "partes por millón/ºC". Ej.: 200 ppm/ºC = 200 · 10^{-6} (ºC^{-1}). Si no nos dan su variación, o no nos dicen lo contrario, y nos dan un valor numérico de α, lo suponemos constante.

Cambiando la resistencia por otra propiedad a estudiar, así como la temperatura por cualquier magnitud (humedad, temperatura... la que nos digan que varía y hace variar la propiedad), obtendremos expresiones igualmente válidas.

- Si la variación es **lineal**, la podemos expresar así:

$$\boxed{R(T_1) = R(T_0)\left[1 + \alpha(T_0)\cdot(T_1 - T_0)\right]}$$

Siendo $\mathbf{T_1}$ el punto donde queremos calcular la propiedad, y $\mathbf{T_0}$ un punto de referencia en el que conocemos $\mathbf{R(T_0)}$ y $\boldsymbol{\alpha}(\mathbf{T_0})$ (valor concreto).

- Si la variación es **no lineal** el fabricante dará la relación en forma de gráfica.

Tolerancia

La tolerancia es también un coeficiente de variación de una propiedad, pero en sí misma, no dependiente de una u otra magnitud. Nos da un **margen de valores** en los que se puede mover el **valor real** de una propiedad de un componente respecto de su **valor nominal**.

Así, análogamente a como decíamos con los coeficientes, definimos la tolerancia como:

$$\alpha \equiv T[\%] \equiv \frac{\Delta R}{R}$$

Pudiendo expresar el valor real de un componente en función del valor nominal, como:

$$R_{real} = R_N \cdot \left[1 \pm \frac{\Delta R}{R}\right] = R_N \pm \Delta R$$

Donde R es la propiedad estudiada en cada caso, y $\Delta R / R$ la tolerancia.

Podemos reiterar, para valores de componentes, por tanto, que:

El **valor real** de un componente, en **condiciones nominales** de temperatura, frecuencia, tensión, ... debe encontrarse en el margen marcado por el **valor nominal** de la serie y la **tolerancia**:

$$\boxed{VR_{CN} = VN \pm \Delta VN} \text{ donde } \Delta VN = T[\%]\cdot VN$$

1.2 Tensión nominal y temperatura máxima

La tensión nominal de un componente es el valor máximo de tensión que puede aplicarse de forma continuada. Normalmente, este valor no debe sobrepasarse en ningún instante de tiempo (salvo que lo indique expresamente el fabricante).

$$V_N \geq V_{DC} + V_{AC\text{-pico}}$$

La temperatura máxima , como su propio nombre indica, es la temperatura más alta a la que puede trabajar el componente antes de estropearse.

Conclusión: En ningún caso se puede superar la tensión nominal o la temperatura máxima de funcionamiento de un componente.

1.3 Comportamiento térmico. Disipación de potencia

Equivalente eléctrico

Existe un equivalente eléctrico del circuito térmico que podemos utilizar para calcular la temperatura del componente en cualquier instante de tiempo. Para realizar este circuito, sobre el que podemos aplicar tdos los cálculos típicos de circuitos eléctricos, sólo tenemos que hacer el cambio:

P_{apl}	→	I
T	→	V
R_{th}	→	R
C_{th}	→	C

Situación estacionaria – situación no estacionaria

situación estacionaria = equilibrio térmico

En **situación estacionaria**, en la que la temperatura del dispositivo permanece constante, toda la potencia generada en el componente será disipada hacia el ambiente:

$$\boxed{P_{apl} = P_{dis}}$$

j: Resistores fijos 3.

El equilibrio térmico es una situación estacionaria. No se consideran los condensadores.

En **situación no estacionaria**, bien porque la potencia aplicada no sea constante o porque, aunque esta lo sea, la temperatura del componente todavía no sea constante, tenemos que:

Importante:
En situación no estacionaria la potencia disipada no es igual a la potencia generada

$$\boxed{P_{apl} = P_{dis} + \frac{dE_{alm}}{dt} = \frac{T_C - T_{amb}}{R_{th}} + C_{th}\frac{dT_C}{dt}}$$

Donde C_{th} recibe el nombre de **Capacidad térmica**.

La evolución de la temperatura (exponencial) hasta alcanzar un valor de equilibrio, viene caracterizada por una **constante de tiempo** dada por:

$$\boxed{\tau_{th} = R_{th} \cdot C_{th}}$$

1.4 Potencia aplicada (Leer)

En **continua**, tenemos que:

$$\boxed{P_{apl} = \frac{V^2}{R}}$$

En **alterna**:

- Si el periodo de la señal es mucho mayor que la constante de respuesta térmica, τ_{th} del componente, la potencia será la potencia instantánea aplicada, esto es:

$$\boxed{P_{apl,inst} \cong \frac{V_{inst}^{\;2}}{R}}$$

- Si la señal eléctrica varía muy rápidamente, esto es, su periodo es mucho menór que τ_{th}, la temperatura del componente alcanzará un valor constante, siendo en este caso P la potencia media producida en un periodo de la señal. Tendremos:

$$\boxed{P_{apl} = \frac{1}{T}\int\frac{v^2(t)}{R}dt = \frac{V_{rms}^{\;2}}{R}}$$

Recuerda que para señales senoidales $V_{rms} \equiv V_{ef} = \frac{V_p}{\sqrt{2}}$, donde V_p es el valor pico de la amplitud de onda. Para señales cuadradas $V_{ef}^{\;2} = \frac{1}{T}\sum T_i \cdot V_i^2$, con T_i la porción de periodo T en la que la señal tiene ese potencial V_i.

En continua, o con generadores de pulsos, el principio de superposición lo aplicamos a los potenciales, no a las potencias. Así, para varias fuentes V_i, la potencia aplicada por todas es:

- Para señales continuas (o cuando en una señal cuadrada el periodo es lento, en cuyo caso el subíndice será "AC inst").

$$\boxed{P_{apl,DC} = \frac{\left(\sum V_i\right)^2}{R}}$$

Excepcionalmente en este caso los Vi pueden ser la suma del potencial de la cuadrada en ese momento, con la continua que excita también el circuito, si la hay.

- Para cuadradas con periodos rápidos:

$$\boxed{P_{apl,AC,cuad} = \frac{V_{ef}^{\;2}}{R} = \frac{1}{R}\cdot\frac{1}{T}\sum T_i \cdot V_i^2}$$

Si la potencia proviene de fuentes de alterna y de continua, tenemos que:

$$\boxed{P_{apl,TOTAL} = P_{apl,DC} + P_{apl,AC}}$$

Usaremos esta expresión cuando la alterna es de periodo rápido, no cuadrada.

Potencia disipada

Todo elemento a temperatura mayor que el cero absoluto, disipa potencia en forma de calor. Esta potencia disipada viene dada por:

$$\boxed{P_{dis} = \frac{T_C - T_{amb}}{R_{th}}} \quad (W)$$

Donde T_C es la temperatura del componente, T_{amb} la temperatura ambiente, y R_{th} la Resistencia Térmica

Potencia nominal

También se le puede llamar potencia máxima

Potencia nominal de un componente es el valor de potencia disipada que hace que el componente alcance la temperatura máxima de funcionamiento a la temperatura ambiente de especificación.

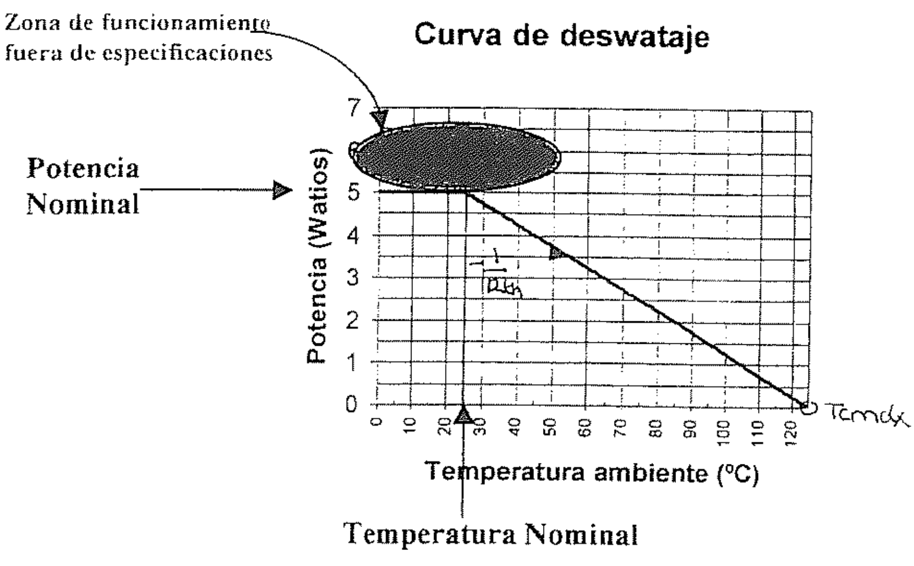
$$\boxed{P_N = \frac{T_{C\max} - T_{amb}}{R_{th}}}$$

Curva de deswataje

La curva de deswataje no es más que la gráfica de la anterior fórmula:

$$P_N = \frac{T_{C\max} - T_{amb}}{R_{th}} \Rightarrow P_N = -\frac{1}{R_{th}} T_{amb} + \frac{T_{C\max}}{R_{th}} \Rightarrow y = mx + n$$

Disipación en régimen estacionario



Nótese que el **corte con abcisas** es la **temperatura máxima del componente**, y que la **pendiente** de la recta decreciente es **$-1/R_{th}$**

TEMA 2: RESISTORES FIJOS

2.1 Resistencia - Resistividad

El valor óhmico de un resistor, esto es, su **resistencia**, depende de las propiedades del material (**resistividad**) y de la **geometría** del componente:

$$\boxed{R = \rho \frac{l}{S}}$$

donde ρ es la **resistividad** del material, l es la **longitud** del camino resistivo, y S es la **sección**.

2.2 Series

Valores preferidos

Las series de resistores se fabrican en un conjunto de valores preferidos, distribuidos logarítmicamente en cada década, que dependen de la tolerancia de la serie.

Así por ejemplo, la serie de tolerancia 5% tiene 24 valores preferidos y se denomina E24.

El número de cifras significativas necesarias para especificar el valor de un resistor lineal depende de la tolerancia, para tolerancias inferiores al 2% son necesarias tres cifras significativas.

De este modo pueden existir todos los valores posibles de resistencia

Cada término debe cumplir con el siguiente:

$$\boxed{R_{i-1}\left(1+T\right) \geq R_i\left(1-T\right)}$$

Esto es, el **primer elemento de una década y el primero de la siguiente** se relacionan por 10.

Y se cumple siempre que:

$$\frac{R_{N+1}}{R_1} = 10$$

Ej: Resistores 1

De estas expresiones se deduce:

$$R_{N+1} \leq R_N \frac{1+T}{1-T} \leq R_{N-1}\left(\frac{1+T}{1-T}\right)^2 \leq \ldots$$

$$R_{N+1} \leq R_1\left(\frac{1+T}{1-T}\right)^N$$

$$10 \leq \left(\frac{1+T}{1-T}\right)^N$$

$$\log 10 \leq \log\left(\frac{1+T}{1-T}\right)^N$$

y despejando la N nos queda:

Expresión de **N**, **número de valores nominales por década**, en función de la **tolerancia** T.

$$\boxed{N \geq \frac{1}{\log \frac{1+T}{1-T}}}$$

Resistencia crítica de la serie

Para cada serie de resistores existe un valor de **resistencia crítica de la serie** en el que coinciden las limitaciones por potencia nominal y tensión nominal, o lo que es lo mismo, al aplicarle a la **resistencia crítica de la serie** la tensión nominal disipa la potencia nominal.

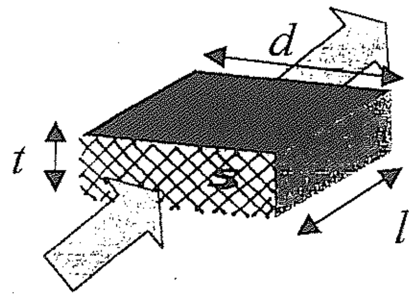
$$\boxed{R_{CRÍTICA} = \frac{{V_N}^2}{P_N}}$$

nita P_N limita V_N

$R_{crítica}$

- Para **valores óhmicos mayores** que la **resistencia crítica**, la tensión máxima aplicable estará limitada por la **tensión nominal**.
- Los **valores óhmicos menores** que la **resistencia crítica**, tendrán limitada la tensión máxima aplicable por la **potencia que disipan**.

2.3 Películas resistivas (MIRAR TRANSPARENCIAS)



Circulación de corriente

Las películas resistivas se caracterizan a través de:

taco de folios

Resistencia de hoja:

$$\boxed{\rho_S = \frac{\rho}{t}} \; (\Omega/\square) = (\Omega / \text{cuadro})$$

Donde ρ_S es la **Resistencia de Hoja**, ρ es la **Resistividad** del material, y **t** es el **espesor** del camino resistivo.

Además, podemos aplicar la fórmula general vista al comienzo de este tema, desarrollándola:

Resistores 5

$$\boxed{R = \rho\frac{l}{S} = \rho\frac{l}{t \cdot d} = \rho_S\frac{l}{d}}$$

Es importante destacar que en esta fórmula, **S = t·d**, **superficie de sección**.

Densidad de potencia disipable:

$$\boxed{DP_{MAX} = \frac{P_{MAX}}{S_{rec}}} \; \left(W / cm^2\right)$$

Donde P_{MAX} es la **potencia máxima disipable** para un resistor con S_{rec} como **superficie de recorrido** (S_{rec} = l·d).

t·l

RESISTORES FIJOS 1 [Febrero 2000-Cuestión]

En el catálogo de una serie de resistores de composición se han encontrado los siguientes datos:

valores preferidos = Valores normalizados de una serie: ... 150, 180, 220, 270 ...

Temperatura nominal:	$T_N = 20$ °C	Coeficiente de temperatura:	$\alpha = 2000$ ppm K^{-1}
Tensión máxima:	$V_{MÁX} = 100$ V	Coeficiente de tensión:	$\beta = 10^{-3}\ V^{-1}$

(a) Determine razonadamente la tolerancia de la serie.

(b) Se elige un resistor que, a 20°C y 10V, tiene una resistencia de 2K1. Determine la resistencia del componente cuando la tensión aplicada sea V=30 V y su temperatura sea T=50 °C.

a) Determinar razonadamente la tolerancia de la serie.

$$R_{i-1}(1+T) \geq R_i(1-T) \qquad R_{i-1} + R_{i-1}T \geq R_i - R_iT \qquad R_{i-1}$$

$$\text{Despejando } T \Rightarrow \quad T \geq \frac{R_{i+1} - R_i}{R_{i+1} + R_i} = \frac{270 - 220}{270 + 220} = 0{,}102 \Rightarrow 10\%$$

E12, hay 12 valores en cada década Ej 12 valores entre 10 y 1

Cuanto más grandes sean los valores, son más precisos.

b) Se elige un resistor a 20°C y 10V. con R=2,1 kΩ. Determinar la resistencia del componente cuando la tensión aplicada sea V=30V y T=50°C.

$$R(T,V) = R(T_0,V_0)\cdot\left(1 + \left(\frac{\Delta R}{T}\right)_T + \left(\frac{\Delta R}{V}\right)_V\right) =$$

$$= R(T_0,V_0)\ (1 + \alpha(T-T_0) + \beta(V-V_0))$$

$$* \ R(T_0,V_0) = R(20°C, 10V) = 2{,}1\ k\Omega = 2100\ \Omega$$

$$* \ \alpha = 2000\ ppm/K \cdot 10^{-6} = 2\cdot 10^{-3} \text{ en tanto x1.}$$

$$R(T=50°C, V=50V) = 2.100\ (1 + 2\cdot10^{-3}(50-20) + 10^{-3}(30-10))$$

$$\boxed{R(T=50°C, V=30V) = 2268\ \Omega}$$

RESISTORES FIJOS 2 [Febrero 2005-Problema]

Se desea utilizar un resistor fijo de potencia, cuyas características de catálogo se adjuntan, para realizar determinado montaje que ha de operar a alta temperatura.

1. Indique el intervalo de valores de resistencia que puede presentar cualquier resistor del valor nominal mencionado si operara en condiciones nominales..(0,5 p.)

2. Indique cuál sería el mecanismo de limitación (tensión o potencia) para dicho valor nominal de resistencia y calcule el valor de la resistencia crítica de la serie de resistores. .... (0,5 p.)

Se escoge un resistor cuyo valor de resistencia a temperatura nominal coincide con el valor nominal y se monta en el circuito de la figura 1, que opera a 120 °C de temperatura ambiente. El amperímetro (ideal) indica que el valor de la corriente es 301 mA.

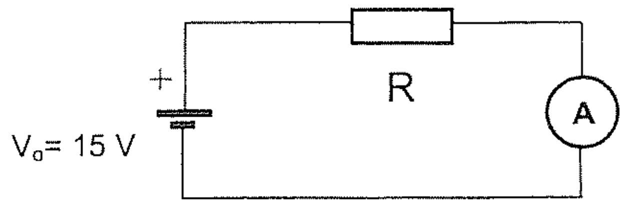


Figura 1. *Esquema del circuito del que forma parte el resistor.*

3. Calcule el valor de la resistencia del componente en las condiciones de trabajo así como la variación relativa de la resistencia ($\Delta R/R_N$) respecto al valor nominal causada por el calentamiento del componente...(0,5 p.)

4. Determine la temperatura que alcanza el cuerpo del componente y calcule la potencia que está disipando. Compruebe que el resistor puede funcionar correctamente en estas condiciones sin deteriorarse. ....(1 p.)

Se superpone a la tensión continua una componente alterna sinusoidal de 10 kHz de frecuencia y 15 voltios de pico. La temperatura ambiente se mantiene en 120 °C. Ignore en lo sucesivo las correcciones de la figura 2 y suponga que el valor de la resistencia es el nominal.

5. Calcule la temperatura que alcanzaría el cuerpo del componente en las nuevas condiciones. Compruebe que el resistor no soporta las nuevas condiciones de operación. .... (1,25 p.)

6. El fabricante proporciona dos modelos de disipadores que pueden ser acoplados al resistor (figura 3). En las nuevas condiciones, calcule la temperatura que alcanzará el componente en cada caso y, basándose en este resultado, decida si alguno de ellos resulta útil para evitar el deterioro del componente.. (1,25 p.)

* Potencia nominal a tª nominal e inferiores.

Características del resistor

Resistencia nominal (R_N)	47 Ω
Tolerancia	± 10 %
Temperatura nominal (T_N)	70 ºC
Tensión nominal (V_N)	50 V
* Potencia nominal (P_N)	10 W
Constante de tiempo térmica (τ)	10 s
Resistencia térmica sin disipador (R_T)	10 K/W

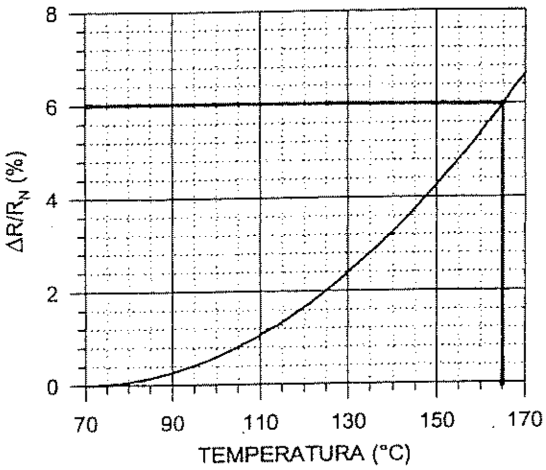
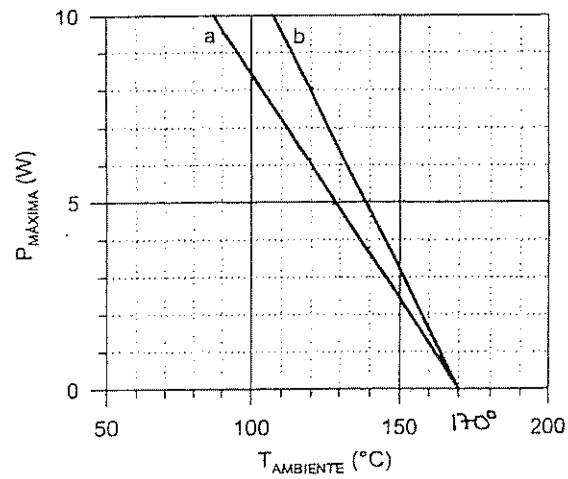


Figura 2. Variación relativa de la resistencia en función de la temperatura del cuerpo del resistor.



(a) (b)

Figura 3. Características de los disipadores disponibles una vez acoplados al resistor.

Nota: Puede realizar, de forma justificada, las aproximaciones que considere oportunas.

1) Intervalos de valores de resistencia que puede presentar cualquier resistor de V_N operando en condiciones normales.

$$R_{max} = R_N (1 + Tol) = 47 (1 + 0,1) = 51,7\ \Omega$$

$$R_{min} = R_N (1 - Tol) = 47 (1 - 0,1) = 42,7\ \Omega$$

$$\boxed{42,7 < R < 51,7}$$

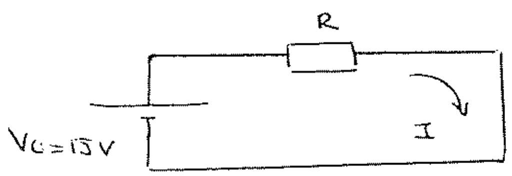
2) Mecanismo de limitación.

$$R_{critica} = \frac{V_N^2}{P_N} = \frac{50^2}{10} = 250\ \Omega$$

Como $R_N = 47\ \Omega < R_{critica} = 250\ \Omega \Rightarrow$ la limitación es por potencia.

3) Resistencia del componente, $\Delta R / R_N$ (T).

- 1° calculamos la corriente que atraviesa el circuito.



En el circuito:

$$R = \frac{V_C}{I} = \frac{15V}{0{,}301} = 49{,}83.$$

- Variación relativa

$$\frac{\Delta R}{R_N} = \frac{R - R_N}{R_N} = \frac{49.83 - 47}{47} = 0{,}06 = 6\%$$

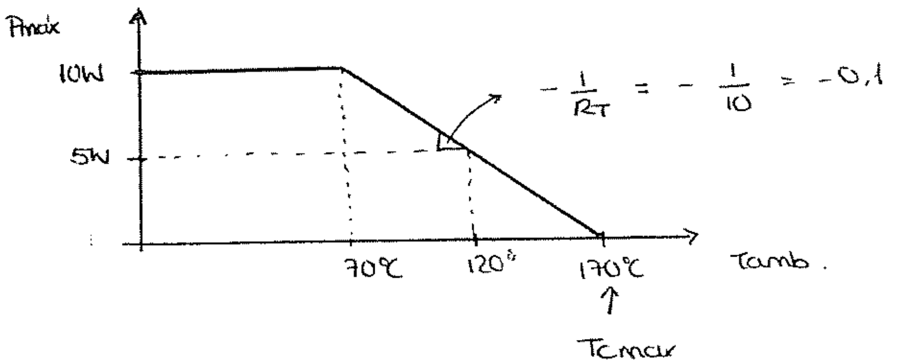
4) Tª que alcanza el componente y la potencia disipada.

- En la figura 2, para $\frac{\Delta R}{R_N} = 6 \Rightarrow T = 165°C$.

Menor que la máxima admitida por el componente que es de $T = 170°C$ en la figura 3

- $$P_{dis} = \frac{T_c - T_{amb}}{R_{th}} = \frac{165° - 120°}{10°C/W} = 4{,}5\ W.$$

CURVA DE DESWATAJE.



5) Temperatura Tc en las nuevas condiciones

$f = 10\,kHz$

$V = 15\,V_p$

$T_{amb} = 120°C$

$R = R_N$

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{10^4} = 10^{-4}\,s \ll \tau_{th} = 10\,s$$

ALTERNA: Por tanto, la potencia disipada por la corriente alterna es constante e igual al valor medio

$$\langle P_{AC} \rangle = \frac{(V_{ef})^2}{R} = \frac{\left(\frac{V_p}{\sqrt{2}}\right)^2}{R} = \frac{\left(\frac{15}{\sqrt{2}}\right)^2}{47} = 2{,}39\,W$$

CONTINUA: $$P_{DC} = \frac{V_{DC}^2}{R} = \frac{15^2}{47} = 4{,}79\,W$$

$$\text{POTENCIA TOTAL} = P_{AC} + P_{DC} = 2{,}39 + 4{,}79 = 7{,}18\,W$$

Calculamos la potencia $\Rightarrow$ curva deswataje $\Rightarrow$ $T_{amb} = 120°C$.

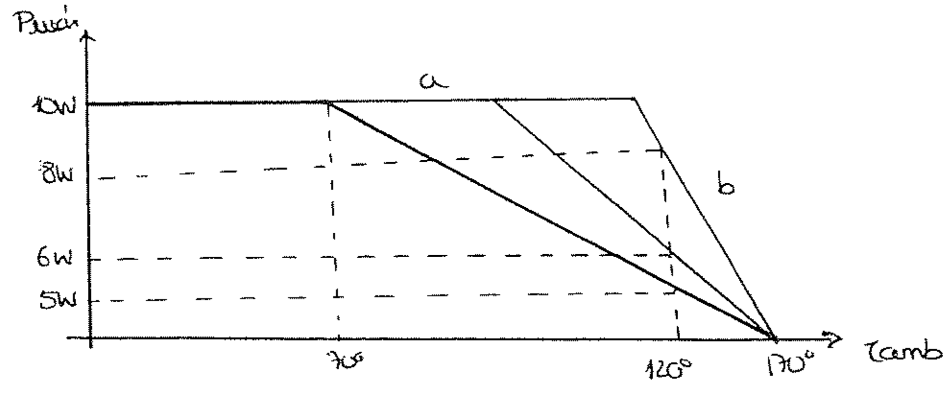
$\Rightarrow$ $P_{N_{max}} = 5W$ (lo sacamos x la ecuación de la recta)

A nosotros nos ha salido que, a 120°C de Tamb, $P_N = 7{,}18W$ y por tanto, el componente no soportaría las nuevas condiciones.

$$T_C = T_{amb} + R_{th} \cdot P_T = 120 + 10 \cdot 7{,}18 = 191{,}8\,°C$$

excede la Tª máxima de operación del componente (170°C)

6) El fabricante tiene 2 modelos disipadores (figura 3). ¿T.ª que alcanzará el componente en cada caso?



Disipador B.

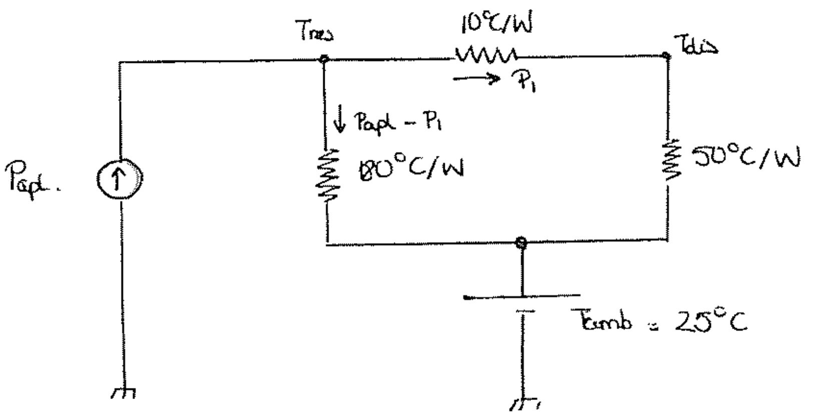
RESISTORES FIJOS 3 [Febrero 2002-Cuestión]

A un resistor lineal de 100 Ω con disipador se le aplica una tensión continua de 10 V. En este montaje, parte del calor generado se disipa directamente del cuerpo del resistor hacia el ambiente con una resistencia térmica de 180 K/W. Otra parte del calor se disipa del cuerpo del resistor hacia el ambiente a través del disipador. La resistencia térmica entre el resistor y el disipador es de 10 K/W y entre el disipador y el ambiente es de 50 K/W.

Teniendo en cuenta los valores de estas resistencias térmicas y de las capacidades térmicas que se muestran en tabla adjunta, determine el valor de la temperatura que alcanzarán el resistor y el disipador en condiciones de equilibrio térmico si la temperatura ambiente es de 25°C.

Capacidades térmicas	
Resistor:	1 J/K
Disipador:	3 J/K

• Circuito equivalente.



NOTA!!

50° C/W = 50 K/W

como estamos en equilibrio térmico, se omiten las Cth.

$$P_{apl} = \frac{V^2}{R} = \frac{10^2}{100} = 1\ W$$

$$T_{res} = T_{amb} + P_{apl}\,(180 \parallel (10+50)) = 70°C$$

$$P_1 = \frac{T_{res} - T_{amb}}{10+50} = \frac{70-25}{60} = 0{,}75\ W$$

$$T_{dis} = T_{amb} + 50P_1 = 25 + 50 \cdot 0{,}75 = 62{,}5\ °C$$

$$\boxed{T_{dis} = 62{,}5\ °C}$$

RESISTORES FIJOS 4 [Febrero 2001-Cuestión]

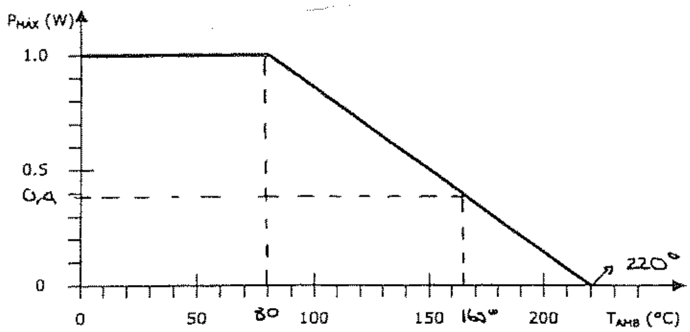
Del catálogo de una serie de resistores lineales se han extraído los siguientes datos:

Temperatura nominal:
$T_N = 80\ °C$

Tolerancia de la serie: 5%

Coeficiente de temperatura:
$\alpha = +2000\ ppm\ K^{-1}$

Tensión nominal:
$V_{MÁX} = 100\ V$



(a) *Obtenga el valor de la potencia máxima disipable a una temperatura ambiente de 165°C y el valor de la resistencia crítica de la serie.*

(b) *Determine el valor de la resistencia térmica y la temperatura máxima de los resistores de la serie.*

(c) *Teniendo en cuenta la tolerancia de la serie y el coeficiente de temperatura, ¿cuál es el valor óhmico máximo que podría llegar a medir para los resistores de valor nominal 1K?*

(d) *Determine el valor máximo de la corriente aplicable a una temperatura ambiente de 165°C para garantizar que ningún resistor con resistencia nominal de 1K perteneciente a esta serie se deteriore.*

a) $P_{máx}$ a $T_{am} = (165°C)$

En la gráfica con $T = 165°C$. $P_{máx} = 0{,}4\ W$

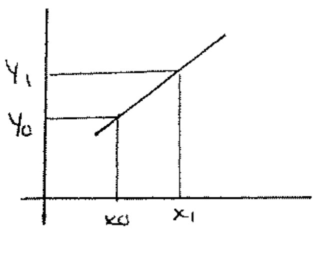
Resistencia crítica

$$R_{CRÍTICA} = \frac{V_N^2}{P_N} = \frac{100^2}{1} = 10^4\ \Omega = 10k\Omega$$

b) Rth y la Tª máxima

$T_{c\,máx} = 220°$ (en la gráfica)

$$-\frac{1}{R_{th}} = \frac{0-1}{220-80} = \frac{-1}{140} \Rightarrow R_{th} = 140\ °C/W$$



$$m = \frac{Y_1 - Y_0}{X_1 - X_0}$$

c)

$$R(220^{\circ}C) = R_N (1 + Tol)\left(1 + \left(\frac{\Delta R}{R}\right)_T\right) \simeq R_N \left(1 + Tol + \left(\frac{\Delta R}{R}\right)_T\right)$$

$$= R_N (1 + Tol + \alpha (T_{max} - T_N)) =$$

$$= 1k\Omega (1 + 0{,}05 + 2000 \cdot 10^{-6} (220 - 80)) = 1330\,\Omega .$$

d)

La máxima corriente que podrá circular sin dañar el resistor será aquella que haga que no superemos la potencia máxima disponible a esa temperatura.

$$P = I^2 \cdot R \rightarrow P_{max} = (I_{max})^2 \cdot R_{max} \rightarrow I_{max} = \sqrt{\frac{P_{max}}{R_{max}}}$$

$$I_{max} = \sqrt{\frac{0{,}4}{1330}} = 0{,}01734\ A = 17{,}34\ mA .$$

RESISTORES FIJOS 5 [Febrero 2004-Cuestión]

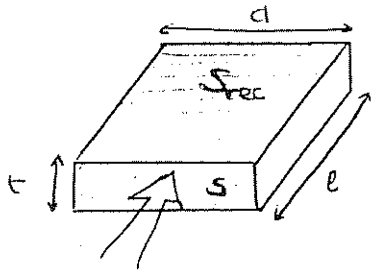
Para fabricar un resistor lineal de película se dispone de un material cuya resistividad nominal es de 500 $\Omega \cdot cm$ y la densidad de potencia que puede disipar a temperatura ambiente sin deteriorarse es de 1 W/cm^2.

a) ¿Cuál debe ser el espesor nominal t_0 de la película empleado en el proceso de fabricación del resistor para que la resistencia de hoja nominal resultante sea de 10 kΩ / cuadro?

b) Calcule (en centímetros) las dimensiones (anchura y longitud) que debería tener un resistor obtenido según el proceso de fabricación anterior para presentar un valor nominal de 25 kΩ y ser capaz de disipar 100 mW a temperatura ambiente.

c) Si el espesor final t de la película resistiva se puede controlar con una precisión del 10% ($t = t_0 \pm 10\%$), determine la tolerancia resultante de los resistores anteriores teniendo en cuenta exclusivamente esta consideración.

a) ¿Cuál debe ser t_0, para que $\rho_s = 10\ k\Omega/\square$?



$$\rho_s = \frac{\rho}{t} \Rightarrow t_0 = \frac{\rho}{\rho_s} = \frac{500\ \Omega \cdot cm}{10^4\ \Omega/\square} = 0{,}05\ cm = 500\ \mu m$$

b) Calcular l, d.

$$R = \rho_s \cdot \frac{l}{d} \Rightarrow 25 \cdot 10^3 = 10^4 \cdot \frac{l}{d} \Rightarrow l = 2{,}5\, d$$

$$P = 100\ mW = DP \cdot S_{rec} \Rightarrow 0{,}1\ W = 1\ W/cm^2 \cdot d \cdot l \Rightarrow 0{,}1 = d \cdot l$$

Densidad Potencia

$$DP = \frac{P}{S_{rec}}$$

$S_{rec} = d\, l$

2 ecuaciones y 2 incógnitas:

$$\left.\begin{array}{l} l = 2{,}5\ d \\ 0{,}1 = d \cdot l \end{array}\right\} \Rightarrow \begin{array}{l} l = 0{,}05\ cm \\ d = 0{,}02\ cm \end{array}$$

c) Tolerancia . . .

- $t_{max} = t_0 + 0{,}1 t_0 = 0{,}055\ cm \Rightarrow R = \rho \cdot \frac{l}{t \cdot d} \Rightarrow R_{min} = \rho\ \frac{l}{t_{max} \cdot d}$

$$R_{min} = 500\ \Omega \cdot \cancel{cm}\ \frac{0{,}05\ \cancel{cm}}{0{,}055\ \cancel{cm} \cdot 0{,}02\ \cancel{cm}} = 22.725\ \Omega$$

$\Rightarrow t_{0\,min} = t_0 - 0{,}1\,t_0 = 0{,}045$ cm $\Rightarrow R = \rho \cdot \dfrac{\ell}{t \cdot d} \Rightarrow R_{max} = \rho \dfrac{\ell}{t_{0\,min} \cdot d}$

$R_{max} = 27{,}777\ \Omega$

$R_N = 25.000 \Rightarrow R_{min} = 0{,}909\ R_N$

$R_{max} = 1{,}111\ R_N$

Tolerancia: -9%
$+11\%$ $\Rightarrow$ $\boxed{\text{Tolerancia: } \pm 11\%}$

RESISTORES FIJOS 6 [Septiembre 2003-Problema]

Se dispone de un resistor lineal de la serie E24, cuyo valor nominal es de 2K2. La resistencia térmica que presentan los resistores de dicha serie es de 160 °C/W y la temperatura máxima de funcionamiento es de 150 °C. La temperatura nominal de especificación de la potencia es 70 °C. La tensión nominal es 80 V.

a) Calcule el valor máximo y mínimo de resistencia que podría presentar un resistor de dicho valor nominal de esta serie en condiciones nominales. *(0.5 puntos)*

b) Considerando despreciable la variación de resistencia con la temperatura para esta serie de resistores, calcule la potencia máxima que podría disipar, sin deteriorarse, a una temperatura ambiente de 70°C. *(1 punto)*

c) Determine el nuevo valor de resistencia térmica que sería necesario para que el resistor pudiera disipar, al menos, 1W en las condiciones del apartado anterior. *(0.5 puntos)*

d) Deduzca de forma razonada si la resistencia de dicho resistor es inferior o superior a la resistencia crítica de la serie. *(0.5 puntos)*

Se dispone de un resistor R_1 cuyo valor medido a temperatura nominal coincide con el valor nominal de la serie. Utilizando dicho resistor se realiza el montaje de la figura 1 que opera a una temperatura ambiente de 70 °C. Los datos conocidos del condensador son los que se muestran en la tabla 1.

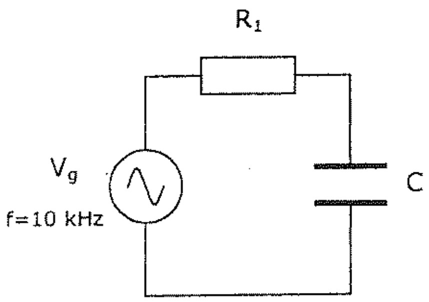


Figura 1.

Datos del condensador	
Capacidad nominal a 25°C y 1 kHz (C_N)	2.2 nF
Coeficiente de variación de la capacidad con la frecuencia	0 ppm/K
Coeficiente de variación de la capacidad con la temperatura	0 ppm/K
Módulo de la impedancia del condensador a 70 °C y 10 kHz	7.24 kΩ

Tabla 1. Características del condensador

Determine para las condiciones de funcionamiento del circuito y realizando de forma justificada las aproximaciones que considere oportunas:

e) Valor de la resistencia serie equivalente del condensador a 10 kHz. *(1 punto)* √

f) Valor del factor de pérdidas (tg δ) a 10 kHz. *(0.5 puntos)*

g) Potencia media entregada por el generador en régimen permanente si la amplitud V_g es de 20 V. *(1 punto)*

a) Valor máximo y mínimo de resistencia que podría presentar un resistor.

$$R_N = 2K2 = 2{,}2\,k\Omega = 2200\,\Omega.$$

$$E24 \Rightarrow Tol = 5\%$$
$$E12 \Rightarrow Tol = 10\%.$$

$$R_{max} = R_N(1 + Tol) = 2{,}2(1 + 0{,}05) = 2{,}31\,k\Omega.$$

$$R_{min} = R_N(1 - Tol) = 2{,}2(1 - 0{,}05) = 2{,}09\,k\Omega$$

b) Potencia máxima, $T_{amb} = 70°C$.

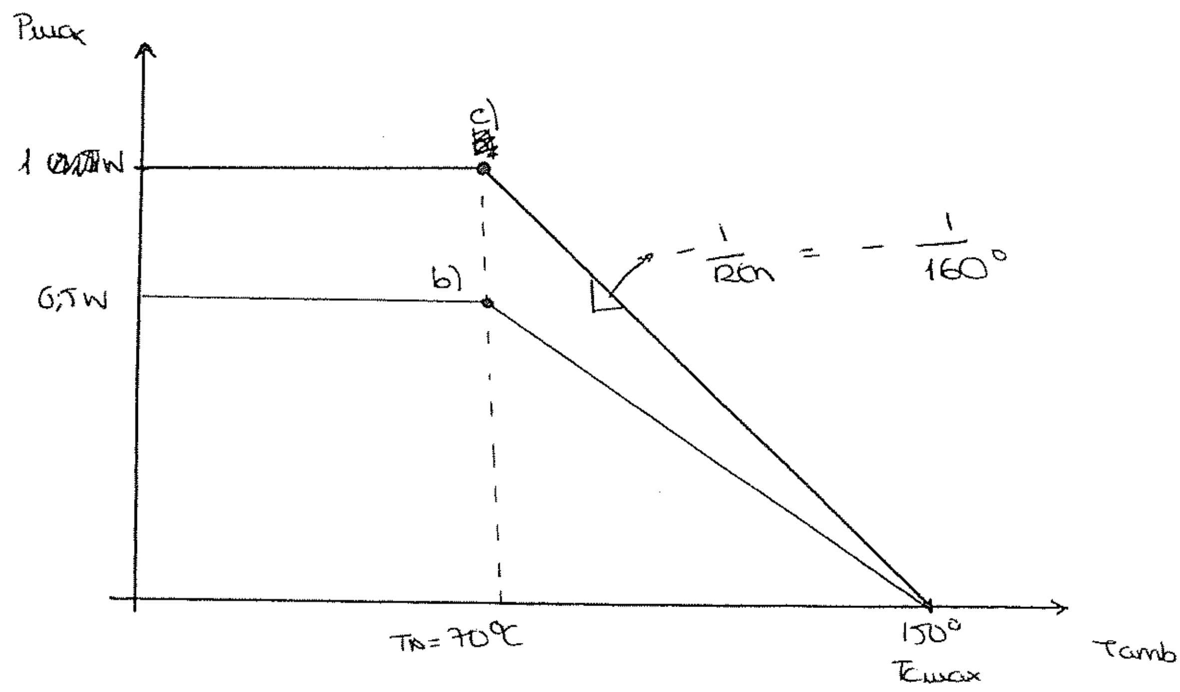
$$P_{max} = \frac{T_{cmax} - T_{amb}}{R_{th}} = \frac{150° - 70°}{160°C/W} = 0{,}5\,W.$$

c) Si $P'_{max} = 1$. ¿R_{th}'?

$$P'_{max} = \frac{T_{cmax} - T_{amb}}{R_{th}'} \rightarrow R_{th}' = \frac{T_{cmax} - T_{amb}}{P'_{max}} = \frac{150° - 70°}{1W}$$

$$R_{th}' = 80\,°C/W.$$

CURVA DE DESWATAJE:



RESISTORES MWO-6.

d) cálculo $R_{crítica}$.

$$R_{crítica} = \frac{V_N^2}{P_N} = \frac{80^2}{0,5} = 12,8\ K\Omega$$

Como $R_N = 2,2\ K\Omega < 12,8\ K\Omega = R_{crítica}$.

La limitación de tensión vendrá dada por P_N.

e) R_S si $f = 10\ kHz$.

$$|Z| = \sqrt{R_S^2 + \frac{1}{(\omega C)^2}} \Rightarrow R_S^2 = |Z|^2 - \frac{1}{(\omega C_S)^2}$$

$$R_S^2 = \underbrace{(7,24 \cdot 10^3)^2}_{\text{tabla 1}} - \frac{1}{(2\pi \cdot \underbrace{10^4}_{\text{fig 1}} \cdot \underbrace{2,2 \cdot 10^{-9}}_{\text{tabla 1}})^2} = 82,278$$

$$\Rightarrow \boxed{R_S = 287\ \Omega}$$

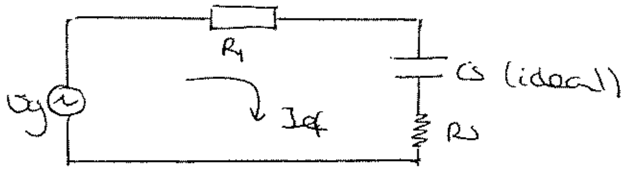
f) tan δ.

$$tg\ \delta = \omega \cdot C_S \cdot R_S = 2\pi \cdot 10^4 \cdot 2,2 \cdot 10^{-9} \cdot 287 = 0,04 << 1$$

g)

¡¡OJO!! No hay pila. Solo alterna.

$$P_T = P_{ac} + P_{dc} = P_{ac} = P_{R_1} + P_{R_S} = I_{ef}^2 \cdot R_1 + I_{ef}^2 \cdot R_S$$



$$|Z|_{circuito} = \sqrt{(R_1 + R_S)^2 + \frac{1}{(\omega C_S)^2}} = \sqrt{(2200 + 287)^2 + \frac{1}{(2\pi \cdot 10^4 \cdot 2,2 \cdot 10^{-9})^2}}$$

$$I_{ef} = \frac{V_{ef}}{|Z|_c} = \frac{V_P/\sqrt{2}}{|Z|_c} = \frac{20/\sqrt{2}}{|Z|_c} = 1,85 \cdot 10^{-3}\ A_{ef}$$

$$P_T = I_{ef}^2\,(R_1 + R_S) = (1,85 \cdot 10^{-3})^2\,(2200 + 287) = 0,0085\ W = 8,5\ mW.$$

TEMA 3: RESISTORES VARIABLES

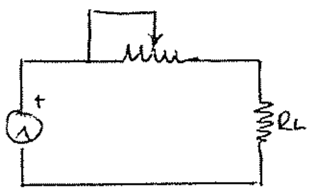
Los resistores variables pueden entenderse como un resistor fijo al que se le añade un tercer terminal que hace contacto en una posición variable del elemento resistivo.

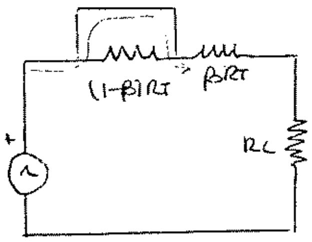
Se utilizan para regular la corriente entregada a una carga (montaje en reostato) o la tensión aplicada en sus bornas (montaje potenciómetro).

Además de las limitaciones y parámetros característicos de los resistores lineales fijos, debe destacarse:

- Aparece una limitación adicional dada por la **máxima corriente de cursor**.
- Dado que hay un terminal variable, la corriente no tiene por qué ser uniforme a lo largo de todo el cuerpo del resistor; debe descomponerse en dos (al menos) resistores. La potencia disipada por cada elemento pude ser diferente.

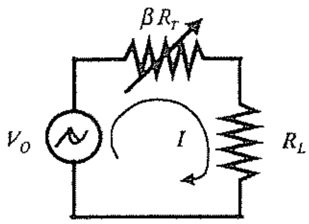
Montaje en reostato (Resist. variables 3)





Utiliza sólo un terminal fijo y el cursor. Se comporta como una resistencia variable entre dichos terminales. Se suele usar para ajustar el paso de la corriente por un circuito.

R variable con la posición del cursor

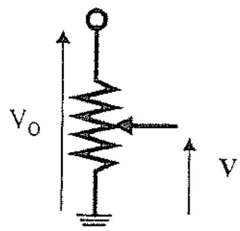


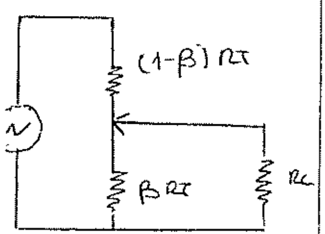
$$I=\frac{V_0}{\left(\beta R_T+R_L\right)}$$

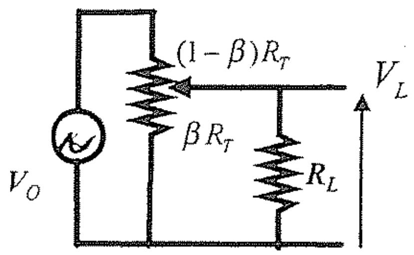
Donde **β** es la **posición relativa del cursor** (valor entre 0 y 1), **R_T** es la **Resistencia Total**, y R_L es una **Resistencia de carga**.

Montaje en potenciómetro (Resistores variables 1, 2)

Se utiliza el cursor como salida de un divisor de la tensión aplicada entre los terminales fijos.







$$V_L=V_0\frac{\beta R_T // R_L}{(1-\beta)R_T+\beta R_T // R_L}=V_0\frac{\beta R_L}{\left(\beta-\beta^2\right)R_T+R_L}$$

RESISTORES VARIABLES 1 [Febrero 2003-Cuestión]

Se dispone de un resistor variable con ley de variación lineal cuyas características se resumen en siguiente tabla:

Resistencia nominal	R_N	1 kΩ
Potencia nominal	P_N	2.5 W
Tensión nominal	V_N	100 V
Corriente máxima por cursor	$I_{C\text{-}MAX}$	20 mA

Tabla 1. Características del resistor variable

a) Determine el valor máximo de la corriente que puede atravesar el elemento resistivo con el cursor en circuito abierto.

Utilizando el resistor variable anterior se construye el circuito de la figura 1, donde el desplazamiento del cursor está limitado entre el 10% y el 90% de su recorrido eléctrico.

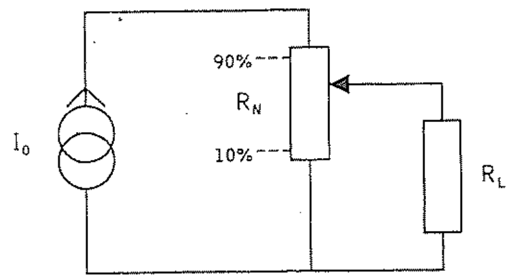


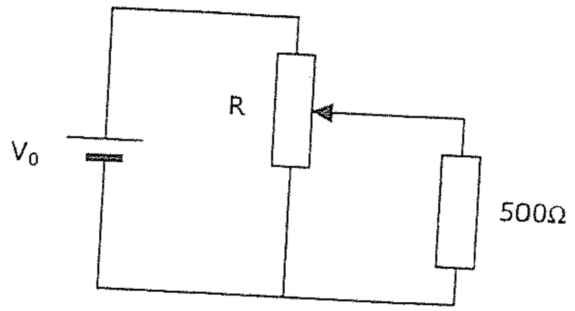
Figura 1. Montaje potenciométrico

b) Determine el valor máximo de la corriente continua que puede proporcionar la fuente de corriente I_0 y el valor mínimo de la resistencia de carga R_L admisible en esas condiciones.

RESISTORES VARIABLES 2 [Febrero 2002-Cuestión]

Se utiliza un resistor variable R con una ley de variación lineal para montar el circuito potenciométrico de la figura. A partir de los datos adjuntos, determine el valor de la máxima tensión que puede proporcionar la fuente de alimentación V_0 para que no se deteriore el resistor variable, sabiendo que el cursor se encuentra en la mitad de su recorrido.

Datos del resistor variable:	
Valor nominal:	1 kΩ
Potencia nominal:	0.1 W
Tensión nominal:	100 V
Corriente máxima de cursor:	10 mA



2. Se monta el circuito de la figura utilizando dos resistores variables como reostatos y un resistor fijo como carga.

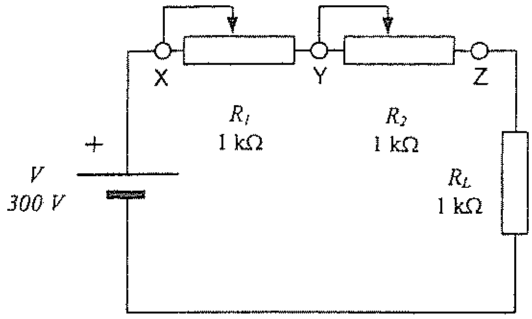
Considere exclusivamente los casos (a) el cursor de R_1 se encuentra en Y y el de R_2 en Z y (b) el cursor de R_1 se encuentra en X y el de R_2 en Y. En estas condiciones, determine si los resistores variables seleccionados son apropiados para este montaje. Si no lo son, indique qué valores mínimos deberán tener las características de los resistores variables para que el circuito funcione correctamente.

Características del resistor variable R_1:

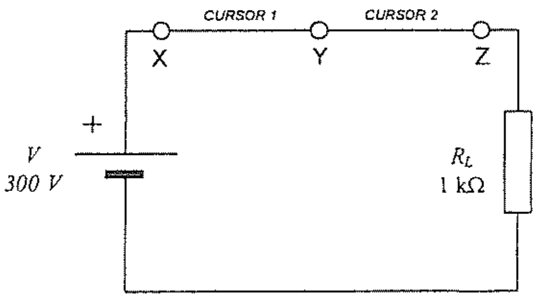
Potencia Nominal $P_N = 5$ W
Corriente máx. por cursor $I_{MAX} = 400$ mA

Características del resistor variable R_2:

Potencia Nominal $P_N = 15$ W
Corriente máx. por cursor $I_{MAX} = 200$ mA



a) El cursor de R_1 se encuentra en Y y el de R_2 en Z



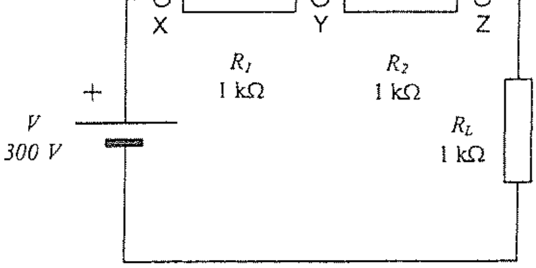
La corriente que circula por la malla, atravesando los cursores de los dos resistores variables es:

$$I = V / R_L = 300 \text{ V} / 1\text{k}\Omega = 300 \text{ mA}$$

Puesto que $I_{MAX\,(1)} > I > I_{MAX\,(2)}$, el resistor 2 no es adecuado. Es necesario que

$$\mathbf{I_{MAX\,(2)} \geq 300 \text{ mA.}}$$

b) El cursor de R_1 se encuentra en X y el de R_2 en Y



La corriente que circula por la malla, atravesando los elementos resistivos de los dos resistores variables es:

$$I = V / (R_1+R_2+R_L) = 100 \text{ mA.}$$

La potencia disipada por cada resistor variable es:

$$P = I^2 \times R = 10 \text{ W}$$

Puesto que $P_{N\,(1)} < P < P_{N\,(2)}$, el resistor 1 no es adecuado. Es necesario que

$$\mathbf{P_{N\,(1)} \geq 10 \text{ W.}}$$

TEMA 4: RESISTORES NO LINEALES (lo bueno se varía con la Tª)

Los resistores no lineales son resistores cuyo valor ohmico depende fuertemente de alguna variable externa: Temperatura (termistores), tensión (varistores), luz (LDR), campo magnético (MDR), humedad, etc… Se utilizan fundamentalmente como elemento de protección, de compensación, o como sensores resistivos.

humedad ≡ Feb '04 Pnb.

En estos apuntes veremos únicamente **Termistores**, y del tipo **NTC**, que son termistores de coeficiente negativo (ahora veremos qué es esto).

PTC ≡ coef. positivo

4.1 Ecuación general

La ecuación que caracteriza la variación de la resistencia con la temperatura, en todo el rango de temperaturas para un **termistor** NTC, es:

$$\boxed{R(T) = R_{25} \cdot e^{B\left[\frac{1}{T}-\frac{1}{T_{25}}\right]}}$$

Donde $\mathbf{R_{25}}$ es la resistencia medida a 25ºC, **B** es positivo y se expresa en K, T es la temperatura del componente en K, y $\mathbf{T_{25}}$ es 298 K

4.2 Tolerancias

Como todas las propiedades que estudiamos, el valor resistivo de un termistor NTC puede tener especificada una **tolerancia**, $\Delta R/R$, con la que podemos obtener el **rango de valores reales posibles**, dado un determinado **valor teórico** de resistencia (previamente calculado con la fórmula anterior). Como sabemos, este valor real será:

$$R = R(T)\cdot\left[1 \pm \frac{\Delta R}{R}\right]$$

En estos componentes, puede pasar que se nos indique, en lugar de el valor de la tolerancia $\Delta R/R$, valores $\Delta R_{25}/R_{25}$ y $\Delta B/B$, tolerancias de R_{25} y B respectivamente. A partir de estas expresiones, se puede demostrar que el valor deseado de $\Delta R/R$, viene dado por la expresión:

$$\frac{\Delta R}{R} = \frac{\Delta R_{25}}{R_{25}} + \left|B\left(\frac{1}{T}-\frac{1}{T_{25}}\right)\right|\cdot\frac{\Delta B}{B}$$

4.3 Coeficiente de temperatura (demostración de q. es negativo).

De la ecuación $R(T) = R_{25} \cdot e^{B\left[\frac{1}{T}-\frac{1}{T_{25}}\right]}$, tal y como vimos al principio de estos apuntes, es fácil calcular el coeficiente de variación de R con la temperatura. Esto es:

$$\alpha(T) = \frac{1}{R}\frac{dR}{dT} = \frac{d(\ln R)}{dT} = (\ldots) = -\frac{B}{T^2}$$

Donde se ve que

Característica principal de estos componentes

$$\boxed{\alpha(T) = -\frac{B}{T^2} < 0}$$

Por esto, la resistencia de un NTC decrece con la temperatura, hasta alcanzar su valor mínimo cuando está a una temperatura $T_C = T_{CMAX}$.

4.4 Resistencia estática – Resistencia dinámica

Resistencia estática

Recuerda que es un valor no constante por ser resistores NO lineales. Depende de I en cada caso.

Definición estándar que venimos manejando, esto es:

$$\boxed{R_{est} = \frac{V}{I}}$$

Resistencia Dinámica

ej: Res. no lineales 6

Definición nueva, sólo cuando excitemos con señales variables:

$$R_{din} = \frac{dV}{dI}$$

En la práctica nos pedirán calcularla en un punto determinado de la curva V–I del NTC (un punto de trabajo Q determinado en la curva V–I en equilibrio térmico).

Tendremos un par de casos:

- Cuando la señal excitadora sea de periodo mucho mayor que la constante térmica τ_{th} del NTC, al termistor "le da tiempo" a seguir estas variaciones, y la resistencia dinámica viene dada por la pendiente de la tangente a la curva V – I en ese punto.
- Cuando el periodo de la señal excitadora sea mucho menor que la constante térmica τ_{th}, al termistor "NO le da tiempo" a seguir estas variaciones, con lo que la resistencia dinámica coincide con la estática.

4.5 Comportamiento en equilibrio térmico: potencia y temperatura

Dado que al aplicarle potencia eléctrica, cualquier componente se calienta, existe un acoplamiento térmico-eléctrico que, en el caso de un **NTC en equilibrio térmico** viene dado por las ecuaciones:

$$R(T_{COMP}) = \frac{V}{I} = R_{25} \cdot e^{B\left[\frac{1}{T_{COMP}} - \frac{1}{T_{25}}\right]}$$ ecuación característica de un NTC

$$P_{apl} = V \cdot I \quad \text{y} \quad P_{dis} = \frac{T_{COMP} - T_{amb}}{R_{th}}$$ Ecuaciones típicas

$$\boxed{P_{dis} = P_{apl}}$$ Por estar en equilibrio térmico

Y, con todas:

$$\boxed{R(T_{COMP}) = \frac{V}{I} = R_{25} \cdot e^{B\left[\frac{1}{V \cdot I \cdot R_{TH} + T_{AMB}} - \frac{1}{T_{25}}\right]}}$$

El fabricante suele proporcionar las **características tensión – corriente en equilibrio térmico** para dos temperaturas ambientes diferentes en escala lineal o logarítmica. De esta representación se obtiene el valor de R_{25}, B, R_{TH}, T_{MAX}, R_{MIN}.

El **punto de polarización** será el correspondiente al corte entre la recta de carga del termistor en el circuito y la característica V–I a la temperatura ambiente de trabajo.

Es importante también recordar que la temperatura en un componente electrónico no varía de forma instantánea, por lo tanto tampoco su resistencia (relación V/I en el pto de trabajo Q).

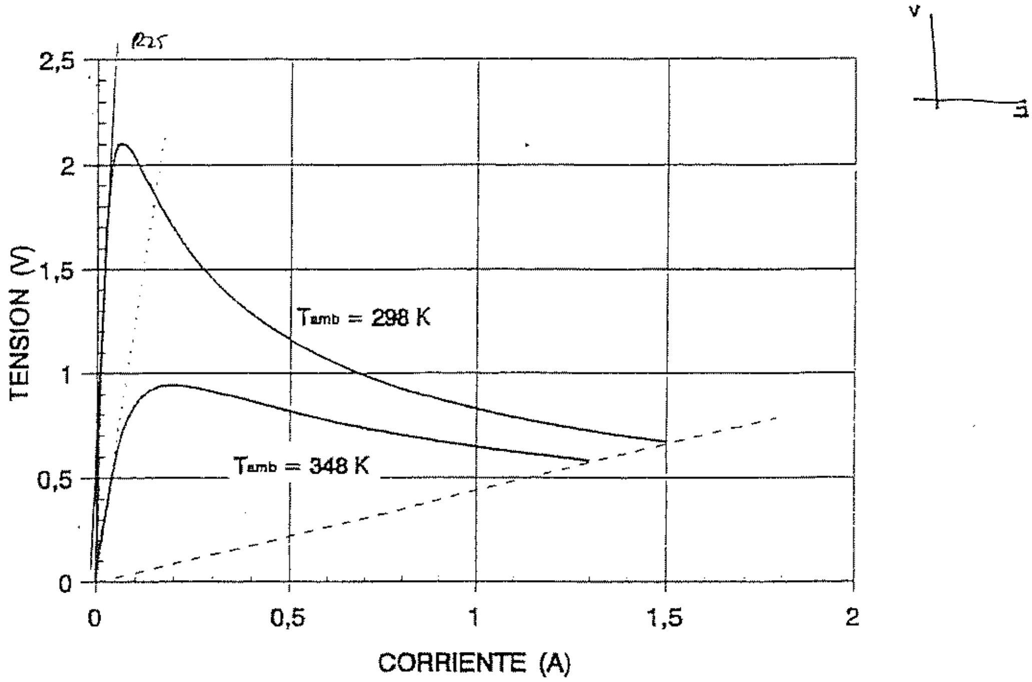
Cuando nos hablen de cambios de medio fíjate bien en: las condiciones, qué permanece estático,...etc.

4.6 Curvas características de los termistores NTC y PTC

NTC

$R = \frac{V\downarrow}{I\uparrow} \Rightarrow R\uparrow$

En la zona lineal se comporta como una Resistencia a $T^a = 25°C$

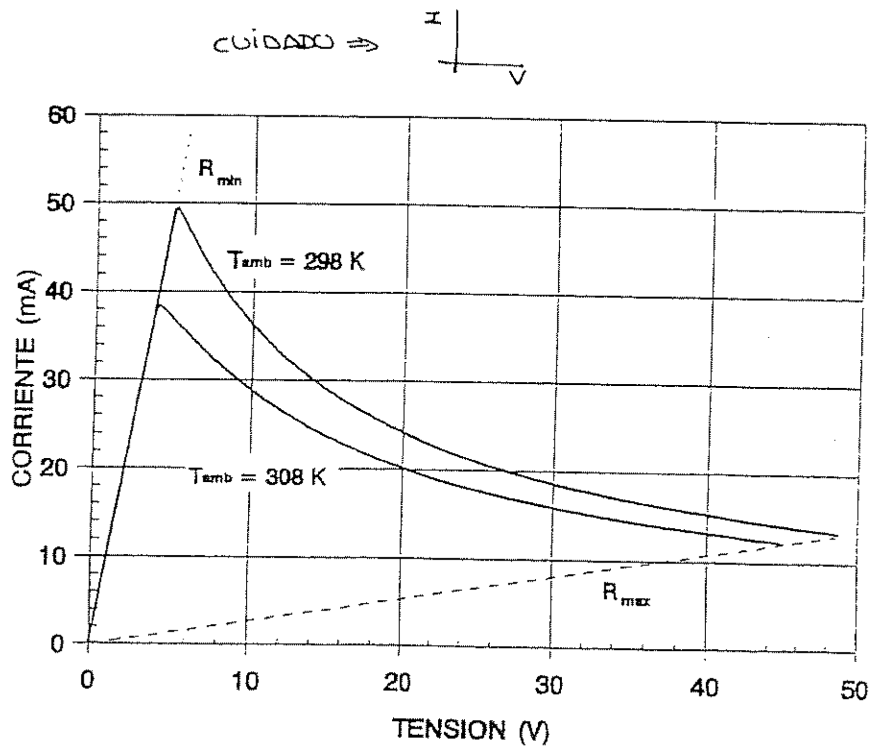


Característica I-V en escala lineal de un NTC para dos temperaturas ambientes distintas.

PTC

$R = \frac{V\uparrow}{I\downarrow} \Rightarrow R\uparrow$

CUIDADO ⇒



Curvas I-V para un PTC a distintas temperaturas ambientes.

Buscar fórmulas PTC en transparencias.

RESISTORES NO LINEALES 1 [Febrero 2005-Cuestión]

Se dispone de una serie de termistores NTC cuyas características se resumen en la tabla siguiente

R_{25} :	100 Ω
Tolerancia R_{25} :	5 %
B :	3000 K
Tolerancia B :	2 %

Determine de forma razonada:

a) Valores máximo y mínimo resistencia que se esperaría medir para una temperatura del resistor de 50 °C.

Se escoge un resistor de esta serie cuyo valor, en condiciones nominales, coincide con el valor nominal y se monta en un circuito como el de la figura 1 funcionando a una temperatura ambiente de 25 °C. Sabiendo que una vez alcanzado el equilibrio térmico el termistor disipa 1W y que la resistencia térmica que presenta en este montaje es de 200 °C/W, calcule de forma razonada:

b) Resistencia del termistor en el instante de cerrar el interruptor.

c) Temperatura del cuerpo del resistor una vez alcanzado el equilibrio térmico.

d) Resistencia que presenta en esas condiciones.

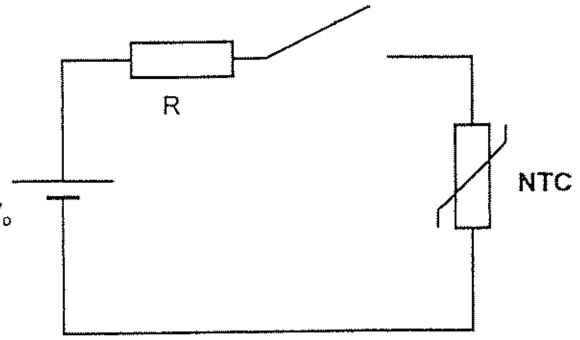
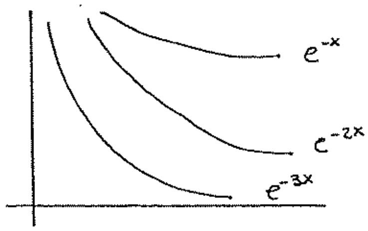


Figura 1

a) Valores máximo y mínimo de la resistencia. a $T^a = 50°C$.

$$R = R_{25} \ \exp\left[B\left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_{25}}\right)\right]$$



Para $T = 50°C$

$$R_{max} = R_{25\,max} \ \exp\left[B_{min}\left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_{25}}\right)\right]$$

323 K = 50°C

Tol (R_{25}) = 5%

Tol (B) = 2%

$$R_{max} = 105 \cdot \exp\left(2940\left(\frac{1}{323} - \frac{1}{298}\right)\right] = 48{,}93\ \Omega$$

$$R_{min} = R_{25min} \cdot \exp\left(B_{max}\left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_{25}}\right)\right) = 95 \cdot \exp\left[3060\left(\frac{1}{323} - \frac{1}{298}\right)\right] =$$

$$\boxed{R_{min} = 42{,}91\,\Omega}$$

b)

En el instante de cerrar el interruptor, al termistor no le ha dado tiempo a calentarse, por tanto estará a t^a ambiente (25ºC) y su resistencia será $100\,\Omega$.

c)

$$P = \frac{T_C - T_{amb}}{R_{th}} \Rightarrow T_C = P \cdot R_{th} + T_{amb} = 25\,^{\circ}C + 1\,W \cdot 200\,^{\circ}C/W = 225\,^{\circ}C$$

$$\boxed{T_C = 225\,^{\circ}C}$$

d)

$$R(225\,^{\circ}C) = R_{25} \cdot \exp\left[B\left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0}\right)\right] = 100 \cdot \exp\left[3000\left(\frac{1}{498} - \frac{1}{298}\right)\right]$$

T en kelvin.

$$R(225\,^{\circ}C) = 1{,}754\,\Omega$$

RESISTORES NO LINEALES 2 [Febrero 2004-Cuestión]

El circuito mostrado en la figura opera a una temperatura ambiente de 25°C. Inicialmente, con el interruptor S1 abierto y el conmutador S2 en la posición (1) todos los componentes se encuentran en equilibrio térmico.

a) Dibuje las rectas de carga que se obtendrían con el interruptor S1 cerrado y el conmutador en la posición (1) (recta de carga R1) y en la posición (2) (recta de carga R2). (0,5 p)

b) Determine la resistencia eléctrica del termistor inmediatamente después de cerrar el interruptor S1 y dibuje sobre la característica I-V el punto de polarización Q_1 en ese instante (indique las coordenadas de tensión y corriente de dicho punto). (0,5 p)

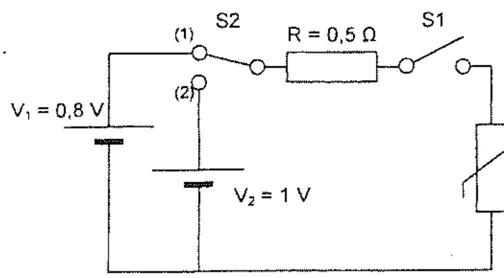
c) Indique el punto de polarización Q_2 del termistor una vez alcanzado el equilibrio térmico. (0,5 p)

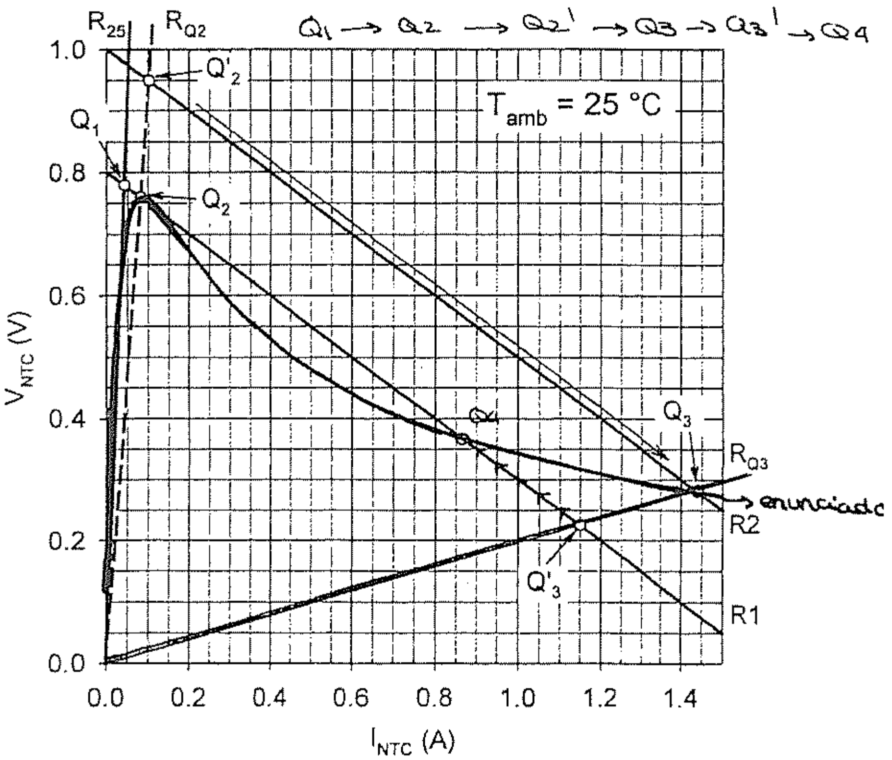
A continuación, se cambia el conmutador a la posición (2), manteniendo el interruptor S1 cerrado.

d) Dibuje la trayectoria completa que seguirá el punto de polarización del termistor desde Q_2 hasta alcanzar de nuevo el equilibrio térmico (punto de polarización Q_3). (0,5 p) (línea ----)

A partir de la situación de equilibrio dada por Q_3, se cambia de nuevo el conmutador S2 a la posición (1).

e) Determine, inmediatamente después de este cambio, la potencia aplicada a termistor y la potencia disipada por éste. (1 p)

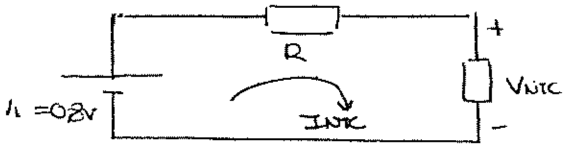




Tenemos que saber qué recta se hace primero.

a) Rectas de carga:

POSICIÓN ①.



Todo circuito se puede poner como una pila y una resistencia (eq. Thevenin)

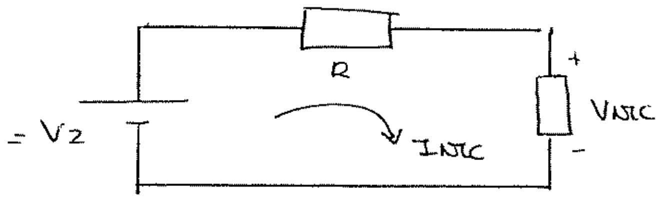
⇒ Todo circuito tiene recta de carga.

Malla: $V_1 - I_{NTC} \cdot R - V_{NTC} = 0 \Rightarrow V_{NTC} = V_1 - R \cdot I_{NTC}$

$$V_{NTC} = -R \cdot I_{NTC} + V_1 = -0{,}5 \cdot I_{NTC} + 0{,}8$$

$$y = mx + n$$

POSICIÓN ②.

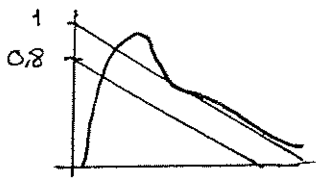


Malla: $V_2 - I_{NTC} \cdot R - V_{NTC} = 0$

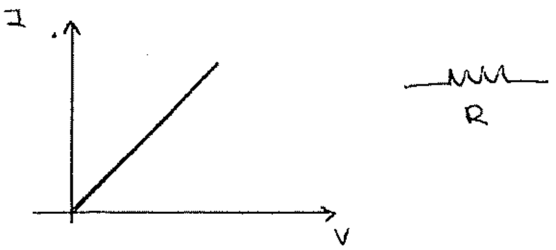
$$V_{NTC} = -R \cdot I_{NTC} + V_2$$

$$V_{NTC} = -0{,}5 \cdot I_{NTC} + 1.$$

Son rectas paralelas.



b) Recta R_{25}.

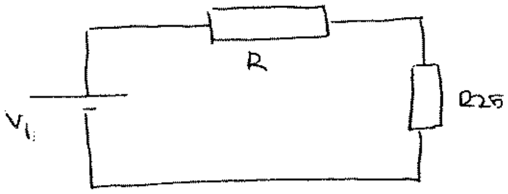


$V = I \cdot R$

El termistor a 25° C se comporta como una R = lineal

RESISTORES NO LINEALES 2.

b) En régimen transitorio. $t=0^+$



$Q_1 \equiv$ corte entre R25 y la recta de carga para V_1.

$\Rightarrow V_1 = 0{,}775$.

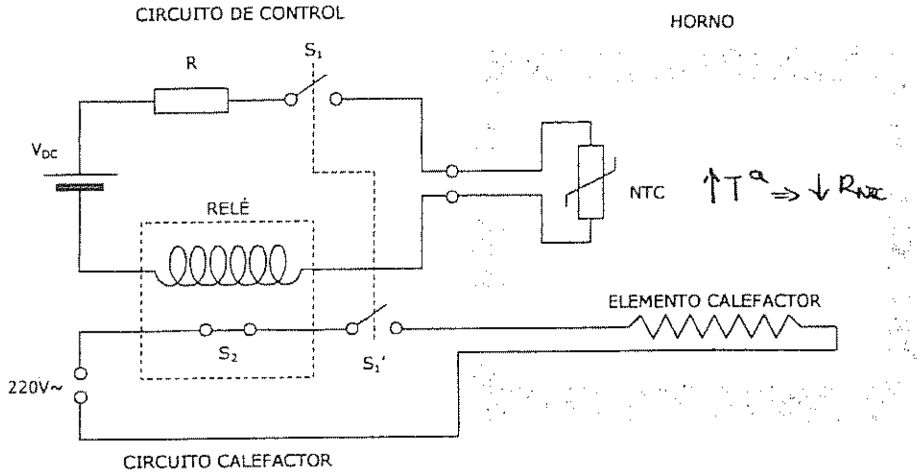
$I_1 = 0{,}04$

$$R25 = \frac{V_1}{I_1} = \frac{0{,}775}{0{,}04} = 19{,}5\ \Omega .$$

c)

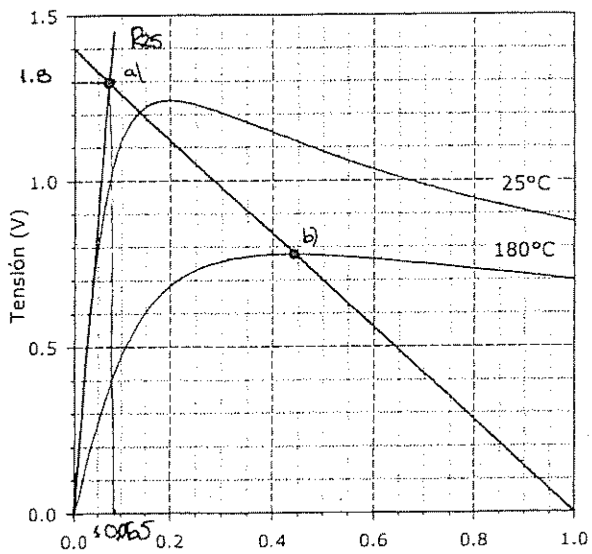
RESISTORES NO LINEALES 3 [Febrero 2001-Cuestión]

(2 puntos) *Para controlar la temperatura de un horno eléctrico se utiliza el esquema mostrado en la figura. En él se distinguen 2 circuitos: "circuito de control" y "circuito calefactor".*
Los interruptores manuales S_1 y S_1' forman un tándem (ambos cierran y abren al mismo tiempo). La apertura y cierre del interruptor S_2 del relé se controla mediante la corriente que atraviesa la bobina (ver tabla adjunta).



El funcionamiento del sistema es el siguiente:
Al cerrar el interruptor S_1 del circuito de control se cierra simultáneamente el interruptor S_1' del circuito calefactor. Como el interruptor S_2 del relé se encuentra normalmente cerrado (NC) el elemento calefactor entra en funcionamiento y va aumentando la temperatura ambiente en el interior del horno. Cuando la corriente que atraviesa la bobina alcanza el valor de conmutación I_0, el interruptor S_2 se abre, con lo que deja de aplicarse potencia al elemento calefactor.

En la gráfica adjunta se presentan las características tensión-corriente del termistor para dos temperaturas ambiente y la recta de carga del circuito de control.



FUNCIONAMIENTO DEL RELÉ:	
Corriente a través de la bobina	Estado del interruptor S_2
$I < I_0$	CERRADO
$I \geq I_0$	ABIERTO

(a) *Si, inicialmente, con el interruptor S_1 abierto, el interior del horno se encuentra en equilibrio térmico a una temperatura de 25°C, obtenga el valor de la corriente que atraviesa la bobina del relé inmediatamente después de cerrar el interruptor S_1.*

(b) *Determine cuál debe ser el valor de la corriente I_0 de conmutación del relé para que la temperatura ambiente en el interior del horno se mantenga en torno a los 180°C. (razone su respuesta)*

a) $R_{25} = \frac{1,3}{0,065} = 20\Omega$

$I_1 = 0,065\ A = 65\ mA$.

b)

$I_0 = 0,45\ A = 450\ mA$.

Apartado a)

La expresión de las rectas de carga es de la forma: $V_{NTC} = V_i - I_{NTC} \cdot R$
donde V_i es el valor de la fuente de tensión equivalente de Thévenin (V_1 y V_2 para las rectas R1 y R2, respectivamente) y R el valor de la resistencia equivalente de Thévenin (0.5 Ω).

Las rectas de carga resultantes se muestran en la figura, donde se observa que R1 tiene 3 puntos de corte con la característica I-V del termistor y R2 un único punto de corte.

Apartado b)

En el momento de cerrar el interruptor, la temperatura del termistor se mantiene (instantáneamente) al valor de equilibrio anterior (25 °C), por lo que su resistencia eléctrica vendrá dada por la pendiente de la característica I-V a 25 °C en la zona de baja disipación (recta R_{25} en la figura). En ese instante de tiempo, el punto de polarización Q_1 vendrá dado por el corte de la recta de resistencia constante R_{25} con la recta de carga R1.
Los valores de la corriente y tensión leídos para ese punto son aproximadamente:

$$V_1 = 0.775 \text{ V} \quad ; \quad I_1 = 0.04 \text{ A}$$

con lo que el valor de la resistencia eléctrica del termistor en ese instante (el dado por la recta R_{25}) será:
$R_{25} = V_1 / I_1 =$ **19.4 Ω**

Apartado c)

Para alcanzar el equilibrio térmico, la temperatura del termistor irá aumentando y, por lo tanto, su resistencia eléctrica disminuirá. Por lo que el punto de polarización Q_1 se desplazará sobre la recta de carga R1 hasta el primer punto de corte con la característica I-V, es decir, el equilibrio vendrá dado por el punto Q_2 de la figura, cuyas coordenadas son, aproximadamente: **V_2 = 0.76 V ; I_2 = 0.08 A**

Apartado d)

Al cambiar el conmutador a la posición (2), se establece R2 como la nueva recta de carga. Al no poder variar de forma instantánea la temperatura (la resistencia eléctrica) del termistor, el nuevo punto de polarización pasa a ser instantáneamente Q'_2 (punto de corte de la recta de carga R2 con la resistencia eléctrica R_{Q2} que presenta el termistor en ese instante). El punto de polarización del termistor se "desplazará" entonces sobre R2 hasta encontrar el corte con la característica I-V en el punto Q_3.

Apartado e)

Al cambiar de nuevo el conmutador a la posición (1), se vuelve a establecer R1 como la recta de carga. Justo en ese instante, la resistencia eléctrica del termistor viene dada por la recta R_{Q3}, que pasa por el punto Q3. Con lo que el nuevo punto de polarización "instantáneo" será el corte de R_{Q3} con R1, es decir, Q'_3.

En ese punto, la potencia aplicada será el producto de la tensión en bornas del termistor $V_{Q'3}$ y la corriente que lo atraviesa $I_{Q'3}$, es decir: $P_{apl} = V_{Q'3} \cdot I_{Q'3} = 0.225 \text{ V} \cdot 1.15 \text{ A} =$ **259 mW**.

En cuanto a la potencia disipada, dado que su temperatura no se ha podido modificar de forma instantánea, será la misma que la que poseía en el punto Q3 de equilibrio térmico, por lo tanto:

$$P_{dis} = V_{Q3} \cdot I_{Q3} = 0.28 \text{ V} \cdot 1.44 \text{ A} = \mathbf{403 \text{ mW}}$$

$P_{apl} \neq P_{dis}$ xq no hay equilibrio térmico.

Se desea tener la posibilidad de polarizar un termistor NTC tanto en la zona de baja disipación como en la de alta disipación para poder utilizarlo en diversas aplicaciones que así lo requieran. Para ello se monta el circuito de la figura 1, en el que se usa una fuente de tensión continua de valor $V_0 = 4$ V y un conmutador que permite seleccionar entre $R_A = 8\ \Omega$ y $R_B = 80\ \Omega$. El termistor, que tiene una constante de tiempo térmica de 100 s, opera siempre a una temperatura ambiente de 25 °C.

a) Dibuje en la figura 2 las rectas de carga correspondientes a las dos posiciones del conmutador.

b) El conmutador se encuentra en la posición B desde hace una hora. Marque en la figura 2 el punto de trabajo del NTC e indique el valor de su resistencia eléctrica.

c) Partiendo de la situación anterior, se acciona el conmutador en $t = t_1$ de modo que pasa a la posición A, permaneciendo en dicha posición durante más de dos horas. Transcurrido dicho tiempo vuelve a accionarse el conmutador (en $t = t_2$) para que vuelva a la posición B, posición en la que permanece indefinidamente. Dibuje en figura 2 la trayectoria del punto de trabajo durante todo el proceso. Calcule la potencia aplicada al NTC y la potencia disipada por el mismo en el instante inmediatamente posterior a $t = t_1$ y en el instante inmediatamente anterior a $t = t_2$.

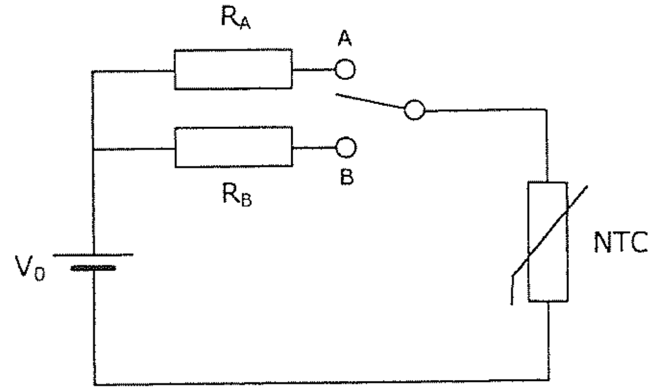
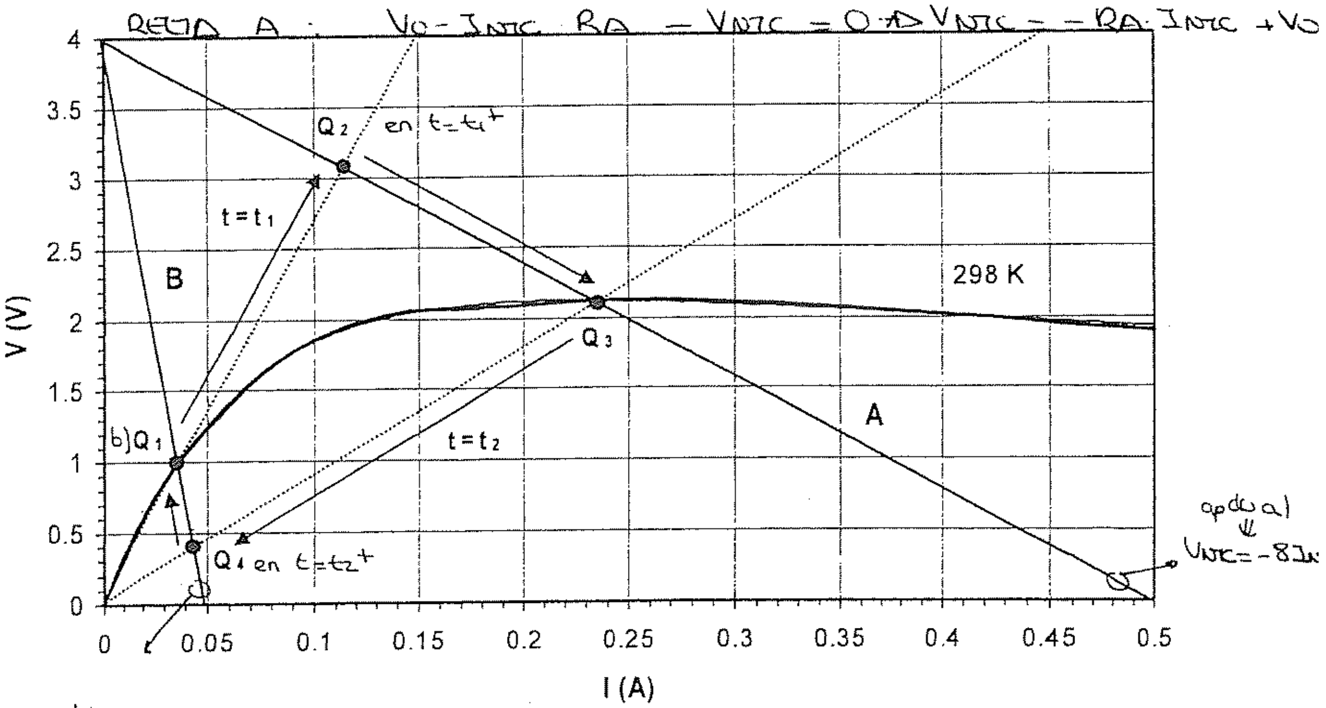


Figura 1



apdo a) ⇒ $V_{NTC} = -80\, I_{NTC} + 4$

a) *La recta de la posición A corta al eje de ordenadas en V_0 = 4 V y al eje horizontal en $I_0 = V_0 / R_A$ = 4 V / 8 Ω = 0,5 A. En el caso de la recta de carga correspondiente a la posición B los cortes se producen en V_0 = 4 V y en $I_0 = V_0 / R_B$ = 4 V / 80 Ω = 0,05 A. Las dos rectas de carga se han dibujado en la figura con trazo continuo.*

b) *El termistor se encuentra en estado estacionario térmico, puesto que las condiciones de polarización no han cambiado en los últimos 3600 s, un tiempo mucho mayor que la constante de tiempo térmica (100 s). El punto de trabajo se encuentra en la intersección de la recta de carga B con la curva I-V de equilibrio del termistor, es decir en el punto marcado como Q1 en la figura. La tensión entre los terminales del NTC es V = 1 V, la corriente que lo atraviesa es I = 0,035 A y su resistencia eléctrica es R = V / I = 1 V / 0,035 A = 28,6 Ω.*

c) *La trayectoria del punto de trabajo ha sido dibujada en la figura. El punto de partida es Q_1. Un instante después de producirse la conmutación de B a A en $t = t_1$, la temperatura del NTC no ha podido cambiar (y tampoco su resistencia), por lo que el nuevo punto de trabajo será la intersección de la nueva recta de carga (A) con la línea de resistencia constante correspondiente al instante anterior a la conmutación, es decir Q_2. Progresivamente el termistor se va calentando y el punto de trabajo se desplaza a lo largo de la recta de carga A hasta alcanzar la situación de equilibrio en Q_3. Un instante después de producirse la conmutación de A a B en $t = t_2$, la temperatura del NTC no ha podido cambiar (y tampoco su resistencia), por lo que el nuevo punto de trabajo será la intersección de la nueva recta de carga (B) con la línea de resistencia constante correspondiente al instante anterior a la conmutación, es decir Q_4. Progresivamente el termistor se va enfriando y el punto de trabajo se desplaza a lo largo de la recta de carga B hasta alcanzar la situación de equilibrio de nuevo en Q_1.*

En el instante inmediatamente posterior a $t = t_1$ el termistor se encuentra polarizado en Q_2, por lo que la potencia aplicada es $P_A = [V \cdot I]_2$ = 3,1 V · 0,12 A = 0,372 W. Sin embargo, su temperatura aún no ha cambiado, por lo que la potencia disipada sigue siendo la correspondiente a Q_1, es decir $P_D = [V \cdot I]_1$ = 1 V · 0,035 A = 0,035 W.

En el instante inmediatamente anterior a $t = t_2$ el termistor se encuentra polarizado en Q_3 en estado estacionario térmico, por lo que la potencia aplicada y la disipada coinciden y su valor es $P_A = P_D = [V \cdot I]_3$ = 2,1 V · 0,23 A = 0,483 W.

$P_A \equiv$ potencia aplicada

$P_D \equiv$ potencia disipada.

RESISTORES NO LINEALES 5 [Septiembre 2005-Cuestión]

Se dispone de un termistor cuya característica tensión corriente a 25 °C de temperatura ambiente es la representada en la Figura 1.

a) Deduzca de forma razonada si se trata de un NTC o un PTC.

El termistor se monta en un circuito como el de la Figura 2. Calcule:

b) Valor de la corriente que circula por el termistor y resistencia óhmica que presenta.

c) Calcule el valor de la resistencia que habría que colocar para que el componente mantuviera el punto de polarización en equilibrio térmico al pasar la tensión de alimentación (V_G) a 6V.

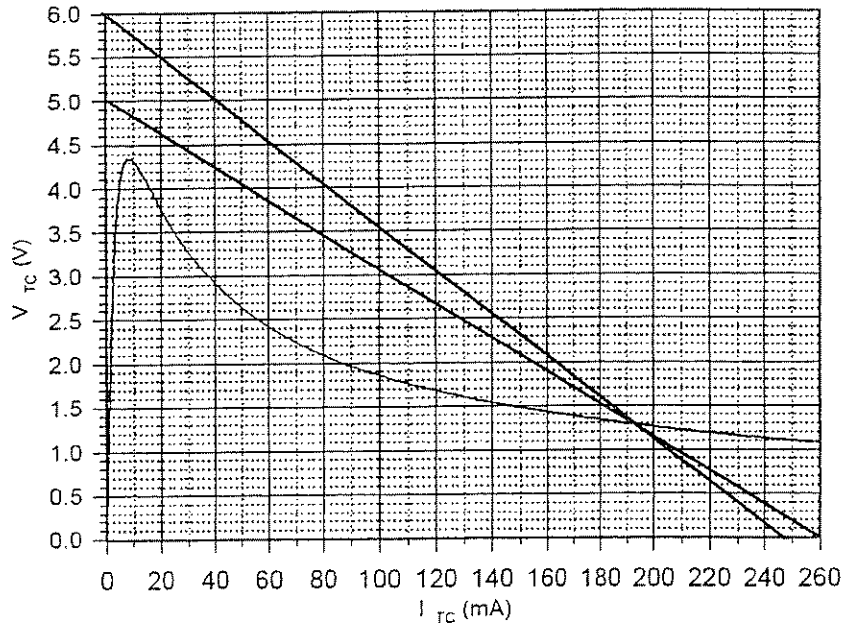


Figura 1

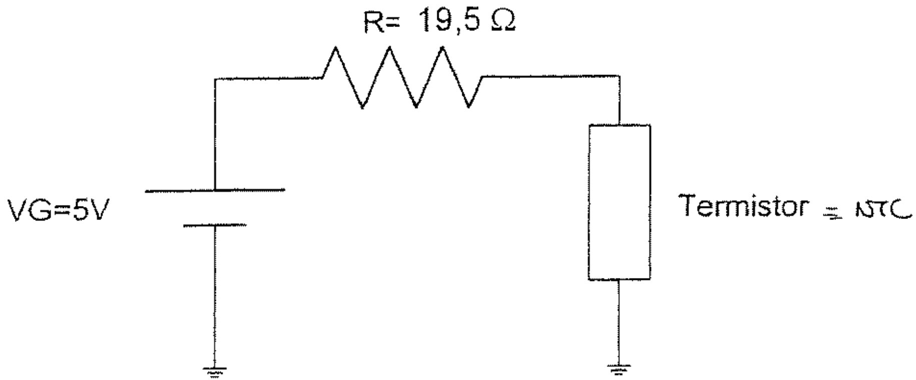


Figura 2

a) $R = \frac{V}{I} \Rightarrow V\downarrow, I\uparrow \Rightarrow R\downarrow \Rightarrow NTC$

b) Recta de carga

$V_G - I_{NTC} \cdot R - V_{NTC} = 0 \Rightarrow V_{NTC} = -I_{NTC} \cdot R + V_G$

$V_{NTC} = -19{,}5\, I_{NTC} + 5$

$I = 190$

$V = 1{,}3$

c)

R Pendiente $= \frac{6}{0{,}240} = \frac{1}{40} = 25\,\Omega$

NTC. **RESISTORES NO LINEALES 6** [Febrero 2002-Cuestión]

Un termistor NTC, cuya característica tensión-corriente de equilibrio a una temperatura ambiente de 25°C se muestra en la figura adjunta, se encuentra polarizado en el punto Q_1. Sabiendo que la constante de tiempo térmica del termistor es de 100 ms, determine, para el punto de polarización dado:

a. Valor de la resistencia estática del termistor.

b. Valor de la resistencia dinámica que presentará el termistor para una señal senoidal de frecuencia 0.1 Hz.

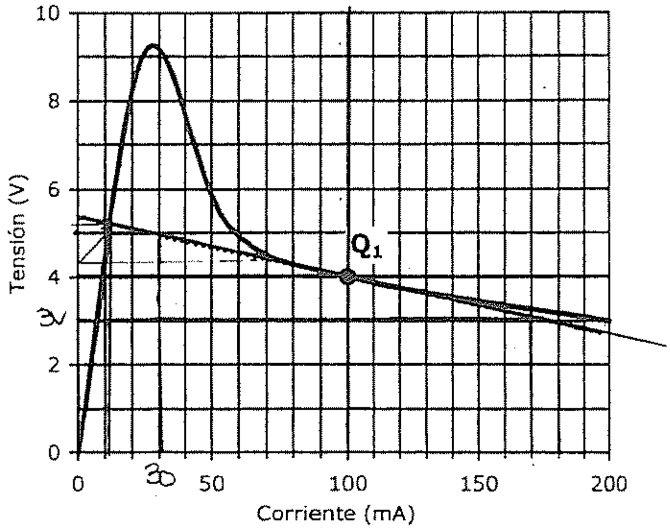
c. Valor de la resistencia dinámica que presentará el termistor para una señal senoidal de frecuencia 1 kHz. (razone su respuesta)

Q_1

$I_Q = 100\,mA$

$V_Q = 4\,V$.

$\tau_{th} = 100\,ms$



a) Resistencia estática.

$$R_{est} = \frac{V_Q}{I_Q} = \frac{4}{100\cdot 10^{-3}} = 40\,\Omega$$

b) $f = 0,1\,Hz$.

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{0,1} = 10\,s >>>> \tau_{th} = 100\,ms.$$

1er caso

$$R_{din} = \frac{3-5}{(180-3)\cdot 10^{-3}} = -13,3\,\Omega$$

puede ser negativa xq no existe realmente.

) $f = 1\,kHz$.

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{10^3} = 10^{-3} = 0{,}001\,s = 1\,ms \lll \tau_{th} = 100\,ms$$

en este caso,

$$R_{din} = R_{est} = 40\,\Omega$$

Se dispone de un resistor lineal (R) y de un termistor NTC (R_{NTC}) cuyas características se encuentran en las tablas adjuntas.

1. Calcule los valores de resistencia máxima del resistor R y de resistencia mínima del termistor a sus respectivas temperaturas máximas de trabajo.

2. Calcule los valores máximos de corriente que podría circular por cada uno de los componentes a la temperatura ambiente de 70 °C. (0.5 p.)

Se monta con dichos componentes el circuito de la figura 1. A una temperatura ambiente de 70°C se cierra el interruptor *S1* y se espera suficiente tiempo hasta que se alcanza el estado estacionario.

3. Suponiendo que el valor de la amplitud de la componente alterna es nula (V_g=0). Calcule el valor máximo que podría tomar la componente continua V_0 sin que se deteriore ninguno de los componentes

4. Si la componente continua es ahora nula (V_0=0), calcule la máxima amplitud de la tensión sinusoidal V_g que puede aplicarse si la frecuencia es a) 1 mHz y b) 10 kHz.

5. Si en las condiciones del apartado 3 (V_g=0 y V_0 máxima) se abre el interruptor S1, calcule la temperatura del cuerpo del termistor al cabo de 1 segundo. (1 p.)

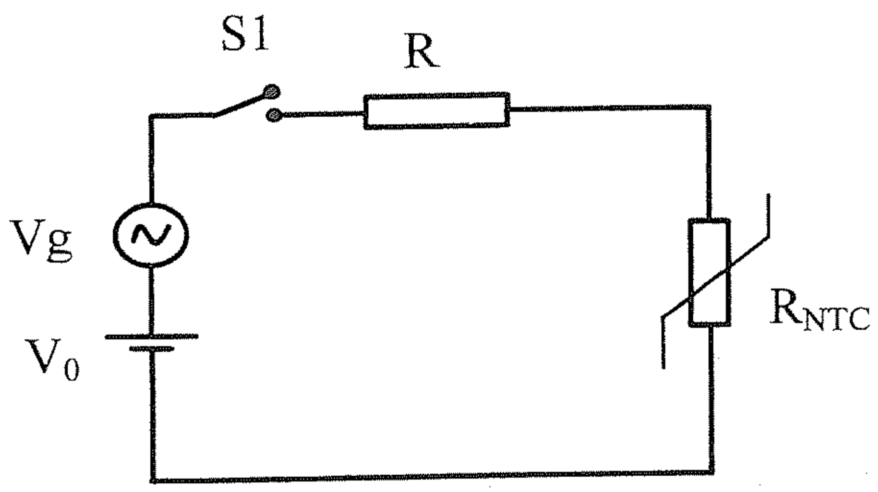
6. Si se dispone de un radiador térmico utilizable en cualquiera de los dos componentes, sugiera de forma razonada distintos métodos para conseguir aumentar levemente el valor de la tensión máxima aplicable, suponiendo esta con solo componente continua.

CARACTERISTICAS DEL RESISTOR FIJO

Resistencia nominal	500 Ω
Temperatura nominal	20°C
Resistencia térmica	200 $K \cdot W^{-1}$
Temperatura máxima	120°C
Coeficiente de temperatura	20 $ppm \cdot K^{-1}$

CARACTERISTICAS DEL TERMISTOR

Resistencia nominal (R_{25})	2 kΩ
Coeficiente B	4000 K^{-1}
Temperatura nominal	25°C
Resistencia térmica	400 $K \cdot W^{-1}$
Temperatura máxima	90°C
Capacidad calorífica	2.5 mJK^{-1}



RESISTORES NO LINEALES 8 [Septiembre 2000-Problema] PTC .

Se dispone de un termistor cuyas características I-V a 20°C y 45°C se muestran en la figura 2 y alguna de sus características se listan en la tabla 1.

1. Indique, de forma razonada, qué tipo de termistor es (PTC o NTC). (0.5 pto.)

Dicho termistor se monta en el circuito de la figura 1, formado por un interruptor S, una fuente de tensión $V_0 = 20V$ y un resistor ideal $R1 = 250\ \Omega$. La temperatura ambiente de funcionamiento es de 20°C. Inicialmente el interruptor S está abierto y el circuito se encuentra en equilibrio térmico. En el instante $t = t_0$ se cierra el interruptor.

2. Dibuje la recta de carga en la figura 2.
3. Calcule el punto de polarización del termistor en el instante $t = t_0$ y $t = \infty$.
4. Calcule la potencia instantánea máxima que se aplica al resistor R1.
5. Calcule la potencia que disipa cada uno de los dos componentes en el estado estacionario con el interruptor cerrado.
6. Calcule el valor de R_0 y B.

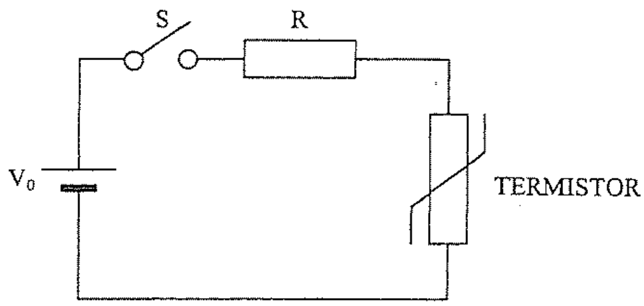


Figura 1.

Parámetro	Valor	Unidades
R_0	?	Ω
T_0	333	K
R_{th}	200	K/W
B	?	K o K^{-1}

Tabla1. Datos del termistor.

Expresiones de la variación de la resistencia de los termistores con la temperatura:	
PTC	$R(T) = R_0 \exp[B(T - T_0)]$; $R(T) = R_0$ para $T \le T_0$
NTC	$R(T) = R_0 \exp\left[B\left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0}\right)\right]$

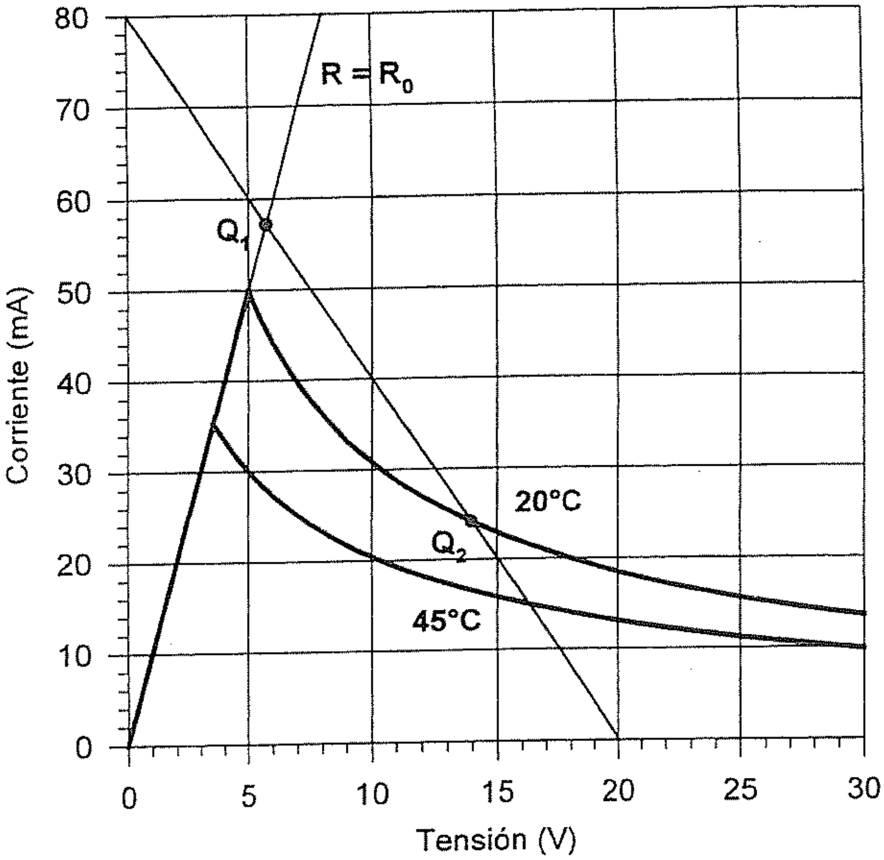


Figura 2. Características Tensión-Corriente en equilibrio térmico del termistor.

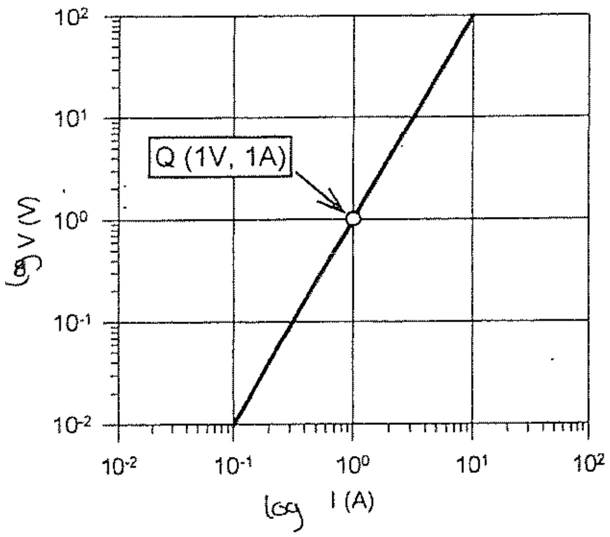
a) $R = \frac{V \uparrow}{I \downarrow} \Rightarrow R \uparrow \Rightarrow$ PTC.

RESISTORES NO LINEALES 9 [Septiembre 2000-Cuestión] (GENÉRICO)

Se dispone de un resistor no lineal cuya característica tensión - corriente es $V=I^2$ (con $I>0$). En esta ecuación, V se obtiene expresada en voltios cuando I se introduce expresada en amperios. El componente se monta en un circuito, de modo que la corriente que lo atraviesa es $I = I_0 + I_p$ sen (ωt).

Datos: $I_0 = 1$ A, $I_p = 1$ mA. → $I = 1 + 10^{-3}$ sen (ωt)

(a) *Dibujar la curva I-V del componente en el gráfico adjunto, obtener el punto de trabajo (tensión y corriente) e indicarlo en la figura.*



Tomando logaritmos en los dos miembros de la ley I-V se obtiene

log V = 2 log I

En coordenadas doblemente logarítmicas es una línea recta de pendiente 2.

Para obtener el punto de trabajo Q se debe tener en cuenta que la corriente continua que atraviesa el componente es $I_Q = I_o = 1A$. Usando la ley I-V del componente se obtiene el valor de la tensión continua $V_Q = 1V$.

se quita alterna

$I_o = 1$

$V_o = I_o^2 = 1$

La curva I-V pasa por este punto.

* (b) *Determinar los valores de las resistencias estática y dinámica del componente en el punto de trabajo.*

La resistencia estática es $R_e = (V/I)_Q = (I^2/I)_Q = 1\Omega$

La resistencia dinámica es $R_d = (dV/dI)_Q = (2I)_Q = 2\Omega$

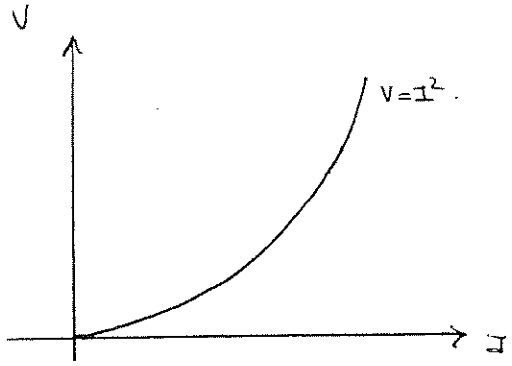
$\frac{dI^2}{dI} = 2I$

(c) *Obtener la expresión de la tensión existente entre las bornas del componente, indicando los valores numéricos de los parámetros que en ella aparezcan.*

Considerando la componente alterna de la corriente como pequeña señal, puede utilizarse el modelo linealizado del componente, válido en un entorno pequeño del punto de trabajo. La tensión tiene una componente continua y otra alterna:

$$V = V_o + V_p \text{ sen } (wt)$$

$$V_o = R_e \times I_o = 1V$$
$$V_p = R_d \times I_p = 2 \text{ mV}$$



*(b) Como no sabemos Ten ni T, supone mos el caso difícil.

T >>> Ten

$V = I^2$

$\log V = 2 \cdot \log I$.

$y = 2x + 0$ ← pasa por el origen.

¡¡OJO!! El origen está en el infinito.

apdo c).

$V = I \cdot R = \underbrace{I_0 \cdot R_{est}}_{\text{continua}} + \underbrace{I_p \cdot R_{din}}_{\text{alterna}} \cdot \operatorname{sen}(\omega t)$

TEMA 5: CONDENSADORES

La capacidad de un condensador es la relación entre la carga almacenada y la tensión que aparece en sus bornas. Esta capacidad depende tanto de las propiedades del material (constante dieléctrica) como de la geometría del componente.

S= Superficie de las placas
d= distancia entre las placas

$$C = \underbrace{\varepsilon_r \varepsilon_0}_{\varepsilon} \frac{S}{d}$$

5.1 Variación de la capacidad con la frecuencia y la temperatura

A menudo, aparte de la **tolerancia** de la serie del condensador, pueden especificarnos unos **coeficientes** de variación de la capacidad con la **frecuencia** o la **temperatura**, esto es:

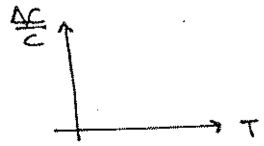
$$\frac{\Delta C}{C}(T) \quad \text{ó} \quad \frac{\Delta C}{C}(f)$$

se representa gráficamente.
logarítmica → 2 ejes
semilog → 1 eje

A partir de estos, y de su **valor nominal** C_N, para calcular el valor posible de la capacidad de un condensador, C, tenemos que:

C_N = capacidad nominal
Tol = Tolerancia

$$C = C_N\left(1+\text{Tol}\right)\overbrace{\left(1+\frac{\Delta C}{C_N}(T)\right)}^{\text{gráfica}}\left(1+\frac{\Delta C}{C_N}(f)\right)$$

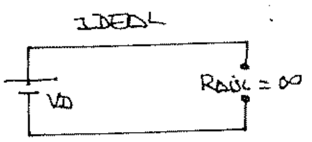


Si despreciamos los efectos de segundo orden nos queda:

$$\boxed{C = C_N\left(1+\text{Tol}+\frac{\Delta C}{C_N}(T)+\frac{\Delta C}{C_N}(f)\right)}$$

xq $\underset{<<0}{\frac{\Delta C}{C_N}(T)} \cdot \underset{<<0}{\frac{\Delta C}{C_N}(f)} \simeq$

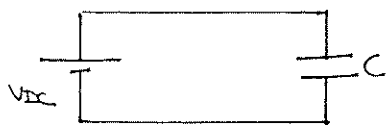
5.2 Comportamiento en continua – estacionario



Al aplicar una tensión continua en bornas de un condensador real circula una corriente: **la corriente de fugas I_F.**

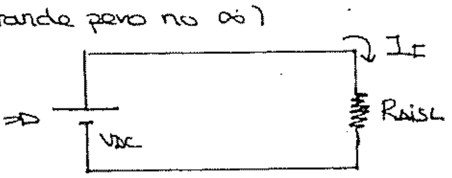
El cociente entre la tensión continua aplicada V_{DC} y la corriente continua que circula I_F es la **resistencia de aislamiento R_{AISL}**. = RD (suele ser muy grande pero no ∞)

Importante:
Es un valor variable según la V_{DC}!!!
dado gráficamente



$$\boxed{R_{AISL} = \frac{V_{DC}}{I_F}}$$

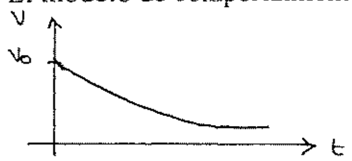
⇒



5.3 Comportamiento en transitorio

Descarga

El modelo de comportamiento de un condensador descargándose viene dado por:



$$\boxed{v(t) = V_0 \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}}$$

Vemos que indica como comienza en V_0, estando en "casi" circuito abierto (recuerda que hay una corriente de fugas), para llegar, en t→∞ , a v = 0 (corto circuito)

En esta expresión hay que destacar la constante de tiempo de autodescarga, τ que viene dada a su vez por:

$$\boxed{\tau = R_{AISL} \cdot C_N}$$

Carga

Si, tras estar desconectado, conectamos el condensador a una fuente de tensión DC V_0, comenzará en $V_C = 0$ (corto circuito), justo al conmutar, para ir cargándose hasta llegar, en $t \to \infty$ (estacionario), a $V_C = V_0$ (circuito "casi" abierto, con una corriente de fugas).

5.4 Comportamiento en alterna

En un condensador real el desfase entre la tensión y la corriente no es exactamente de 90°, aparece una **componente de pérdidas** en el dieléctrico.

La tangente del ángulo diferencia entre los 90° y el desfasaje real se denomina **Factor de Pérdidas**, $\tan\delta$ ó D. El comportamiento se modela utilizando un **circuito equivalente**, en alterna, formado por un condensador ideal y un elemento resistivo parásito bien sea en serie o en paralelo.

Circuito equivalente serie:

Formado por la **Capacidad Serie, C_S**, y la **Resistencia Serie, R_S** ó ***ESR***.

En este caso tenemos que:

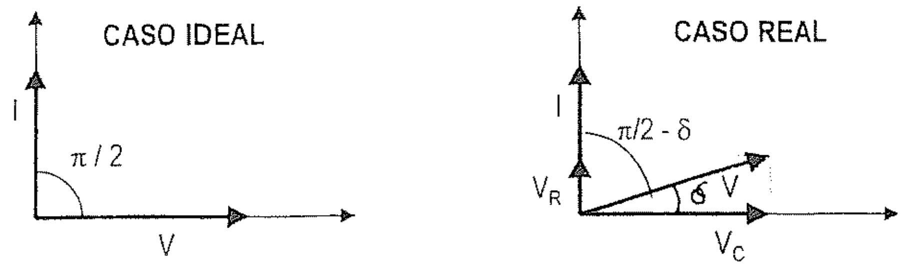
tan δ = dato (gráfica)

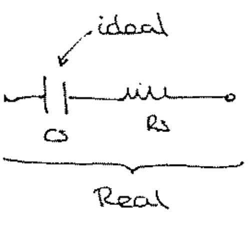
$$\boxed{\tan\delta = \omega \cdot C_S \cdot R_S}$$ MUY IMPORTANTE!!

$$\boxed{Z_C = R_s + \frac{1}{j\omega C_S}} \rightarrow \left|Z_C\right| = \sqrt{R_S^{\,2} + \frac{1}{\omega^2 C_S^2}}$$

Es importante destacar también que si $\boxed{\tan\delta << 1}$, tenemos que $\boxed{C_S = C}$, se hace siempre.

Cs y Rs son incógnitas que nos van a pedir siempre.





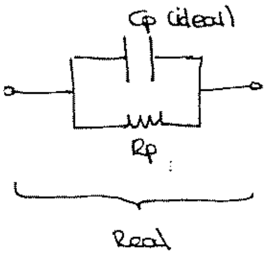
Def:

Factor de disipación o factor de pérdidas ⇒ $D = tg\delta = \frac{|V_R|}{|V_C|} = \frac{|I| \cdot R_S}{|I| \cdot \frac{1}{\omega C_S}} = \omega R_S C_S$

Factor de calidad ⇒ $Q = \frac{1}{D}$

Si se cumple que: tgδ << 1, se comporta como un "buen condensador"

(No ha aparecido últimamente)



Circuito equivalente paralelo:

Razonando de forma recíproca pueden calcularse los elementos correspondientes al circuito paralelo:

$$\tan\delta = \frac{1}{\omega \cdot R_p \cdot C_p},\quad R_P = R_S \frac{1+\tan^2\delta}{\tan^2\delta},\quad C_P = \frac{C_S}{1+\tan^2\delta}$$

Además del efecto de las pérdidas, el modelo generalizado de un condensador debería incluir los efectos de la autoinducción de los contactos L_C y su resistencia eléctrica R_C.

5.5 Disipación de potencia ¡IMPORTANTE!!

Aunque un condensador ideal no disipa potencia, un condensador real sí disipa potencia al existir elementos resistivos parásitos.

Potencia disipada en continua

Será la disipada por su **Resistencia de Aislamiento** R_{AISL}:

$$\boxed{P_{DC} = I_F \cdot V_{DC} = I_F^2 \cdot R_{AISL} = \frac{V_{DC}^2}{R_{AISL}}}$$

entendiendo bien que I_F y R_{AISL} son valores variables según la V_{DC} aplicada. <u>NO</u> son propiedades FIJAS de un condensador.

Potencia disipada en alterna

Será la disipada por su **Resistencia Serie** R_S:

$$\boxed{P_{AC} = I_{ef}^2 \cdot R_S}$$

es la única fórmula válida.

Donde es muy importante calcularla a través de la intensidad que le recorre, no de su tensión. Si tenemos datos de tensión, hallamos los de corriente sabiendo:

$$|Z| = \frac{V_{AC}}{I_{AC}} = \frac{V_{AC-ef}}{I_{AC-ef}}$$

$V_{ef} = \frac{A}{\sqrt{2}}$

Potencia disipada total

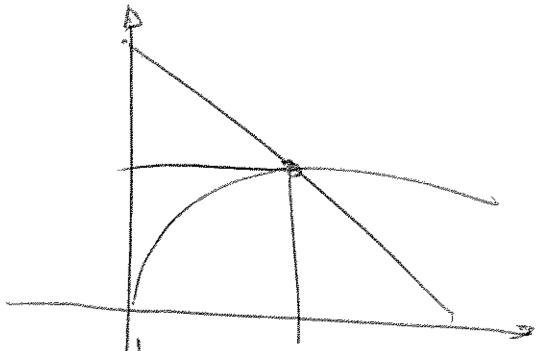
Será la suma de la potencia disipada en continua y en alterna:

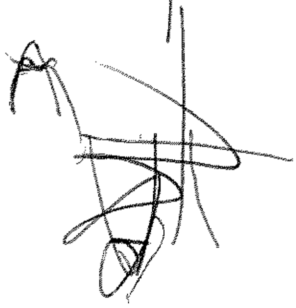
$$\boxed{P_T = P_{DC} + P_{AC}}$$

¡¡CUIDADO!! No confundir Raisl con Rs.

$\tau = 100s \quad T = 25°C$

$V_{NTC} = V_{\phi}^{4} - I_{NTC}\, 80$





CONDENSADORES 1 [Febrero 2005-Cuestión]

Se dispone de una serie de condensadores cuyas características se adjuntan en la tabla siguiente:

Capacidad nominal:	1 µF	Variación de C con f y T:	Despreciable
Temperatura nominal:	25 °C	Variación de tan δ con T:	Despreciable
Frecuencia nominal:	120 Hz	Tensión nominal:	63 V

↳ máxima tensión q. soporta el condensador.
$V_N \geq V_{DC} + V_{AC-ef}$.

Se elige un condensador cuya capacidad en condiciones nominales, coincide con el valor nominal.

Para determinar las fugas de dicho condensador, se le aplica una diferencia de potencial continua en sus bornas de valor igual a la tensión nominal y, posteriormente se desconecta de la fuente de tensión continua de tal forma que el condensador comienza un proceso de autodescarga a una temperatura ambiente de 25 °C. (Descarga del condensador 5.1)

Sabiendo que después de transcurridos 20 segundos el condensador ha perdido un 18% de la carga original, obtenga:

a) El valor de la resistencia de aislamiento, suponiendo ésta independiente de la tensión.

b) El valor máximo de la corriente de fugas.

Para determinar las pérdidas del condensador, se hace circular a través de él una corriente senoidal de 120 Hz cuyo valor eficaz es 10 mA. En esas condiciones, la potencia disipada por el condensador alcanza un valor de 1 mW.

Realizando de forma justificada las aproximaciones que considere oportunas, calcule:

c) El valor de la resistencia serie equivalente.

d) La amplitud de la tensión alterna que aparece en bornas del condensador

a) R_{aisl}, siendo independiente de la tensión.

$$V(t) = V_0 \cdot e^{-t/\tau} \longrightarrow \tau = R_{aisl} \cdot C_N$$

$$V(t) = V_N \, e^{-t/\tau} \Rightarrow \frac{V(t)}{V_N} = e^{-t/\tau} \Rightarrow \ln\left(\frac{V(t)}{V_N}\right) = \frac{-t}{\tau}$$

$$\tau = \frac{-t}{\ln\left(\frac{V(t)}{V_N}\right)}$$

$V(t=20s) = 0{,}82 \cdot V_N$. (se pierde el 18% al descargarse)

$$\Rightarrow \frac{V(t=20s)}{V_N} = 0{,}82.$$

$$\tau = \frac{-20}{\ln(0{,}82)} = 100{,}8 \text{ s} \simeq 100 \text{ s}.$$

$$\tau = R_{aisl} \cdot C_N \Rightarrow \boxed{R_{aisl} = \frac{\tau}{C_N} = \frac{100}{10^{-6}} = 10^{8}\,\Omega = 100\,M\Omega}$$

b) Valor de Ifugas.

NOTA!! La Ifugas no tiene valor máximo ni mínimo puesto que es un valor continuo.

$$R_{AISL} = \frac{V_{DC}}{I_F} \Rightarrow I_F = \frac{V_{DC}}{R_{AISL}} = \frac{V_N}{R_{AISL}} = \frac{63}{10^8} = 63 \cdot 10^{-8} \text{ A} \Rightarrow$$

$$\boxed{I_F = 630 \text{ nF}}$$

c) Valor de la Rs equivalente. (5.3)

$$P_{AC} = I_{ef}^2 \cdot R_S \Rightarrow R_S = \frac{P_{AC}}{I_{ef}^2} = \frac{1 mW}{(10 mA)^2} = \frac{10^{-3} (W)}{10^{-4} (A)} = 10 \Omega$$

d) Amplitud.

$$A = V_{ef} \cdot \sqrt{2}.$$

- Calculamos la impedancia del condensador

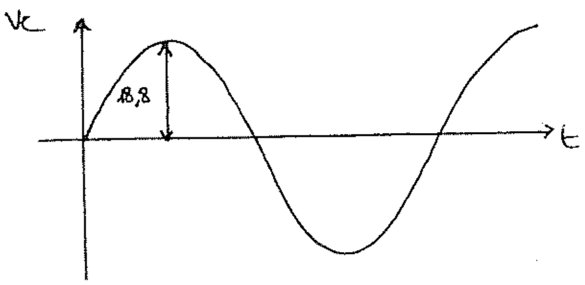
$$|Z_C| = \sqrt{R_S^2 + \left(\frac{1}{\omega C}\right)^2} = \sqrt{10^2 + \left(\frac{1}{2\pi \cdot 120 \quad 10^{-6}}\right)^2} = 1.330 \Omega$$

suponemos $\tan \delta \ll 1 \Rightarrow C = C_S$

- $|Z| = \frac{V_{ef}}{I_{ef}} \Rightarrow V_{ef} = I_{ef} \cdot |Z| = 10^{-2} \cdot 1330 = 13{,}3 \; V_{ef}$ (voltios eficaces)

- Finalmente:

$$A = V_C = 13{,}3 \cdot \sqrt{2} = 18{,}8 \; V_p \text{ (Voltios pico)}$$

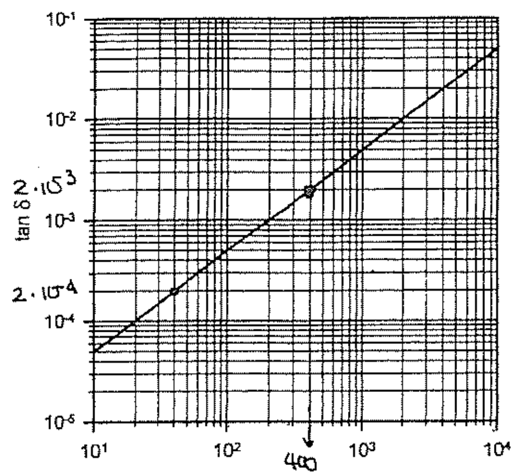


CONDENSADORES 2 [Febrero 2004-Cuestión]

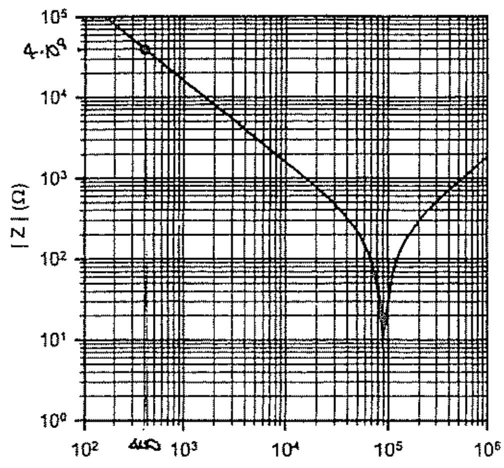
gráficas logarítmicas.

Se dispone de un condensador cuyas características se adjuntan en la tabla y figuras siguientes:

Temperatura nominal:	25° C	Variación de tan δ con T:	Despreciable
Frecuencia nominal:	120 Hz	Tensión nominal:	63 V
Variación de C con f y T:	Despreciable		



Factor de pérdidas en función de la frecuencia



Módulo de la impedancia del condensador en función de la frecuencia.

a) Determine los valores de los elementos del circuito equivalente serie a una temperatura de 50 °C y una frecuencia de 400 Hz.

b) ¿Cuál será el valor de la potencia disipada por el condensador al aplicarle una señal senoidal pura de 400 Hz y 10 $V_{pico-pico}$ a una temperatura ambiente de 50 °C ?

a) Calcular R_s y C_s. (pág 5.2)

$$\left.\begin{array}{l} \tan\delta = \omega R_s C_s \\ |Z| = \sqrt{R_s^2 + \frac{1}{\omega^2 C_s^2}} \end{array}\right\} \Rightarrow \text{miramos las gráficas a 400 Hz.}$$

- $\tan\delta = 2\cdot10^{-3}$
- $|Z| = 4\cdot10^{4}$

$$\left.\begin{array}{l} \omega R_s C_s = 2\cdot10^{-3} \\ \sqrt{R_s^2 + \frac{1}{\omega^2 C_s^2}} = 4\cdot10^{4} \end{array}\right\} \text{Multiplico} \times R_s:$$

$$\sqrt{R_s^2 + \frac{R_s^2}{\omega^2 C_s^2 R_s^2}} = \sqrt{R_s^2 + \frac{R_s^2}{(tg\delta)^2}} =$$

$$= R_s\sqrt{1 + \frac{1}{tg\delta^2}} = 4\cdot10^4$$

$$\Rightarrow R_s = \frac{4\cdot10^4}{\sqrt{1+\frac{1}{(tg\delta)^2}}} = 80\,\Omega$$

$$\boxed{R_s = 80\,\Omega}$$

$$C_S = \frac{2 \cdot 10^{-3}}{2\pi \cdot 400 \cdot 80} = 9{,}97 \text{ nF}$$

$$\boxed{C_S = 9{,}97 \text{ nF}}$$

b) Potencia en alterna.

¡¡OJO!! aunque nos dan datos de tensión. $P_{AC} = I_{ef}^2 \cdot R_S$.

$$V_{pico} = \frac{V_{pico-pico}}{2} = 5 V_p.$$

$$V_{ef} = \frac{V_{pico}}{\sqrt{2}} = \frac{5}{\sqrt{2}} \Rightarrow |Z| = \frac{V_{ef}}{I_{ef}} \Rightarrow I_{ef} = \frac{V_{ef}}{|Z|} = \frac{\frac{5}{\sqrt{2}}}{4 \cdot 10^{4}} = 8{,}84 \cdot 10^{-5} \text{ A}$$

gráfica apdo a)

$$P_{AC} = I_{ef}^2 \cdot R_S = (8{,}84 \cdot 10^{-5})^2 \cdot 80 = 6{,}25 \cdot 10^{-7} \text{ W}$$

$$\boxed{P_{AC} = 6{,}25 \cdot 10^{-7} \text{ W}}$$

6) Potencia disipada en continua.

$$P_{dc} = \frac{V_{dc}^2}{R_{ais}} \underset{\text{apdo 2)}}{\uparrow =} \frac{48,1^2}{50 \cdot 10^6} = 4{,}63 \cdot 10^{-5}\ W$$

Temperatura del componente.

$$T_c = T_{amb} + R_{th} \cdot P_{dis}$$

$$T_c = 70^\circ + 1000\ {}^\circ C/W \cdot 4{,}63 \cdot 10^{-5} = 70'046^\circ C.$$

El componente apenas sufre variación.

CONDENSADORES 9 [Febrero 2001-Problema]

Se dispone de un condensador cuyas características, tomadas del catálogo proporcionado por el fabricante, se adjuntan. Se utiliza el condensador para montar el filtro representado en la Figura 1. El resistor lineal R presenta un comportamiento ideal y el valor de su resistencia es 2 MΩ. La tensión $v_i(t)$ en la entrada del filtro es de la forma

$$v_i(t) = V_{DC} + V_0 \cdot \mathrm{sen}(2\pi f t),$$

siendo V_{DC} = 50 V y la frecuencia del generador variable entre 100 Hz y 1 MHz. El circuito opera a una temperatura ambiente de 70 °C, sin carga conectada a la salida.

1. Determine, con las aproximaciones oportunas, la capacidad del condensador en condiciones nominales. (1 punto)

2. Calcule el valor de la tensión continua en la salida del filtro. ¿Cuál sería esta tensión si el condensador fuera ideal? (1 punto)

3. Si la frecuencia del generador es 800 Hz, determine el desfasaje (en grados) que existirá entre la tensión alterna en la salida del filtro y la corriente que atraviesa el condensador (indique si la corriente está adelantada o retrasada con respecto a dicha tensión). ¿Cuál sería el desfasaje si el condensador fuera ideal? (1 punto)

4. Obtenga los valores de los elementos del circuito equivalente serie a una frecuencia de trabajo de 800 Hz. (1 punto)

5. Proponga y justifique, a partir de la información disponible, un circuito equivalente serie lo más completo posible que modele el comportamiento de este condensador a frecuencias próximas a 100kHz (no se piden aquí los valores). (0.5 puntos)

6. Determine la potencia disipada por el condensador en continua. Suponiendo despreciable la potencia disipada en alterna, obtenga la temperatura del componente. (0.5 puntos)

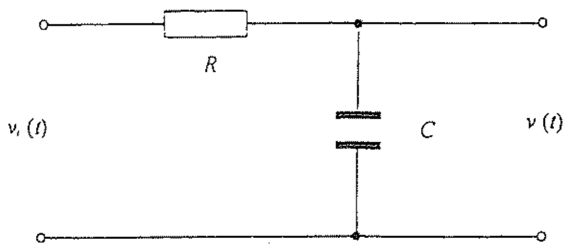


Figura 1. Esquema del circuito del que forma parte el condensador.

CARACTERÍSTICAS

Temperatura nominal	**20° C**
Frecuencia nominal	**400 Hz**
Variación de C con f y T	**Despreciable**
Variación de tan δ con T	**Despreciable**
Resistencia térmica	**1000 K / W**
Tensión nominal	**250 V**

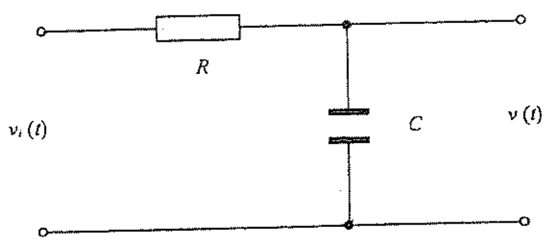


Figura 1. Esquema del circuito del que forma parte el condensador.

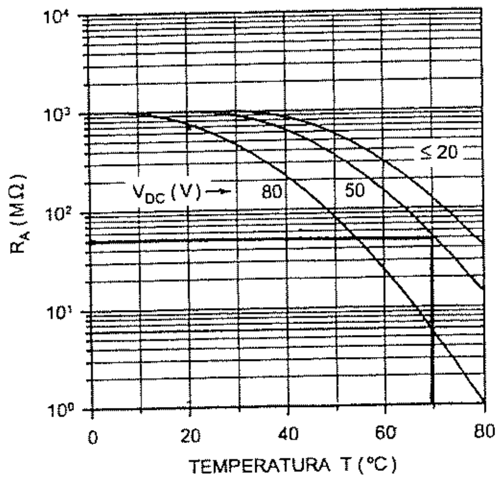


Figura 2. Resistencia de aislamiento en función de la temperatura ambiente y de la tensión aplicada.

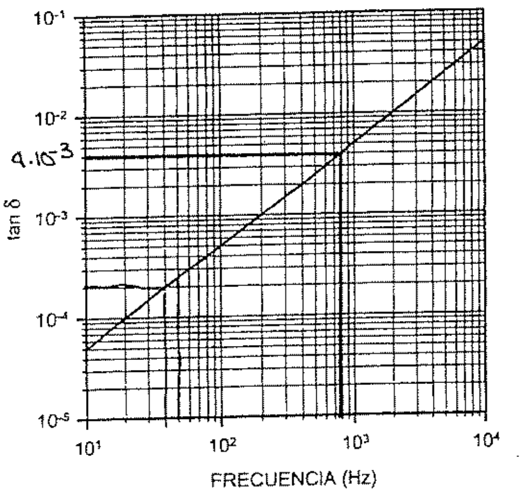


Figura 3. Tan δ en función de la frecuencia.

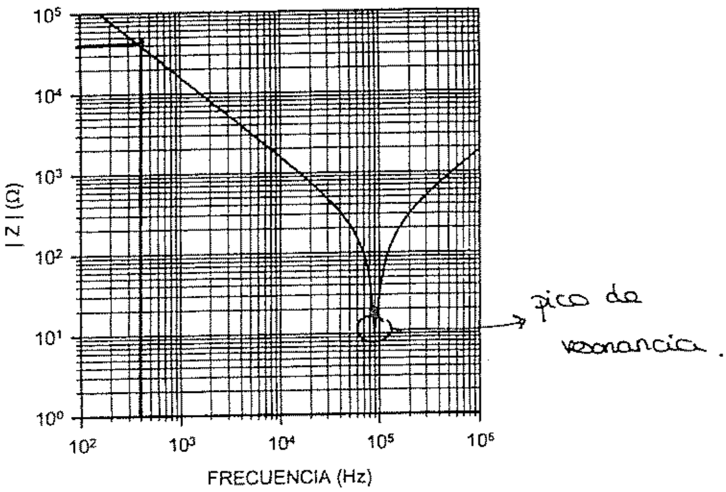


Figura 4. Módulo de la impedancia en función de la frecuencia.

3) Si $f = 800$ Hz, determinar $\varphi = (V, I)$ (pag 6.21).

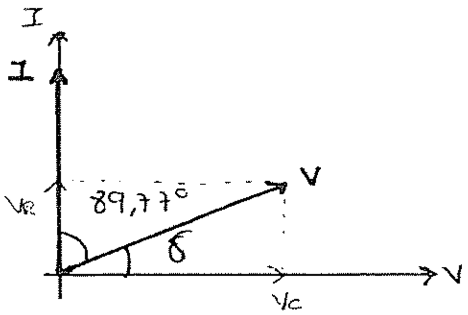
*IDEAL: La corriente va adelantada siempre $\frac{\pi}{2}$ respecto a V. ($tg\,\delta = 0$)

*REAL: Figura 3.

$$\phi = \pi/2 - \delta = 90^\circ - \delta.$$

$$\text{a } f = 800 \text{ Hz} \Rightarrow tg\,\delta = 4 \cdot 10^{-3} \Rightarrow \delta = 0{,}23^\circ.$$

$$\phi = 90^\circ - 0{,}23^\circ = 89{,}77^\circ,$$ I adelantada. V



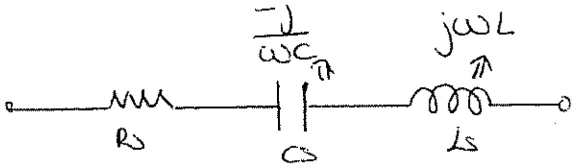
4) ¿Rs, Cs? si $f = 800$ Hz.

como $tg\,\delta = 4 \cdot 10^{-3} \ll 1 \Rightarrow Cs = C = 10$ nF
↑
apdo 1)

$$tg\,\delta = \omega \cdot Cs \cdot Rs \Rightarrow Rs = \frac{tg\,\delta}{\omega \cdot Cs} = \frac{4 \cdot 10^{-3}}{2\pi \cdot 800 \cdot 10 \cdot 10^{-9}} = 80\,\Omega$$

$$\boxed{\begin{array}{c} Cs = 10 \text{ nF} \\ Rs = 80\,\Omega \end{array}}$$

5)

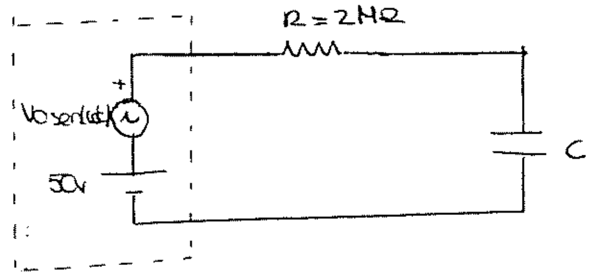


A $f = 10^5$ Hz, el circuito entra en resonancia.

En resonancia $Z \in \mathbb{R} \Leftrightarrow Im\,|Z| = 0$

$$\frac{1}{j\omega C} = \frac{-j}{\omega C} \qquad j\omega L$$

CONDENSADORES - 9   FEBRERO 04 - MAÑANA.



1) Capacidad nominal.

La frecuencia nominal es $f = 400$ Hz

A esta frecuencia $tg\,\delta = 2 \cdot 10^{-3} << 1$ (figura 1).

como $tg\,\delta << 1 \Rightarrow |Z| = \sqrt{R_S^2 + \frac{1}{(\omega C_S)^2}} \simeq \frac{1}{\omega C_S}$.

$\Rightarrow C_S = \frac{1}{\omega |Z|}$ { |Z| ≡ figura 4 } $|Z|_{f=400\,Hz} = 4 \cdot 10^4\ \Omega$

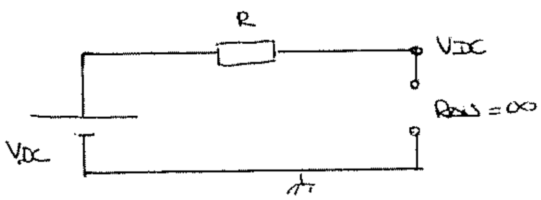
$C_S = 9{,}947 \cdot 10^{-9}$ F $\simeq 10$ nF $\Rightarrow C = C_S = 10$ nF

$$\boxed{C = 10\,nF}$$

2) V_{DC} a la salida del filtro.

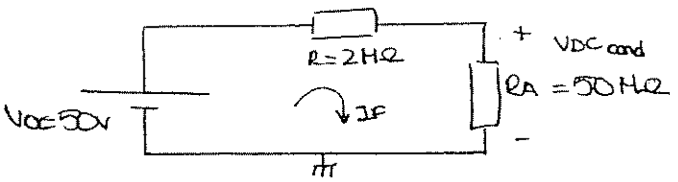
* En el caso ideal $\Rightarrow R_{ais} = \infty \Rightarrow I_F = 0 \Rightarrow V = 50$

$V = V_{DC} = 50$ V



* Buscamos R_{ais} en la figura 2, suponiendo que el caso real no diferirá mucho del ideal, es decir, buscamos para $V = 50$ V y $T^a = 70$°C

$R_A = 50$ MΩ



Por div. de tensión:

$V_{DC_{cond}} = V_0 \cdot \frac{R_A}{R_A + R} = 50 \cdot \frac{50}{52}$

$$\boxed{V_{DC_{cond}} = 48{,}1\ V}$$

- CONDENSADORES 3 [Septiembre 2004-Problema]

Se desea utilizar un condensador de plástico en determinada aplicación en la que ha de trabajar a una temperatura ambiente de 70 °C y sometido a una diferencia de potencial consistente en la superposición de una componente continua variable entre 50 y 80 V y otra sinusoidal de frecuencia variable entre 100 Hz y 10 kHz. Se dispone de una caja con 100 condensadores iguales de la misma capacidad nominal. Las principales características del componente, tomadas del catálogo proporcionado por el fabricante, se adjuntan.

1. Indique los valores máximo y mínimo que puede presentar a la temperatura de trabajo la capacidad de uno de los condensadores seleccionado al azar entre los disponibles.

2. Calcule la máxima y la mínima resistencia de aislamiento que presentará el condensador en las condiciones de trabajo..

3. Si la tensión continua suministrada por el generador de tensión es de 50 V, determine el valor de la corriente de fugas.

4. Calcule el valor del factor de pérdidas (tan δ) a la temperatura de trabajo y a una frecuencia de 10 kHz.

5. Obtenga el valor del módulo de la impedancia del condensador a la temperatura de trabajo y a 10 kHz de frecuencia.

6. Suponiendo que la amplitud de la componente alterna sinusoidal (de 10 kHz) es de 30 V_P, determine el valor eficaz de la componente alterna de la corriente que lo atraviesa.

7. Calcule la potencia total disipada por el condensador si la tensión continua es de 50 V y la amplitud de la componente alterna es 30 V_P.

APELLIDOS: NOMBRE:

Características del condensador	
Capacidad nominal (C_N)	1 µF
Tolerancia	± 5 %
Temperatura nominal (T_N)	20 °C
Coeficiente de temperatura de la capacidad (α)	despreciable
Frecuencia nominal (f_N)	1 KHz
Tensión nominal	90 V
Máxima corriente de rizado @ 70 °C (I_r)	1 A

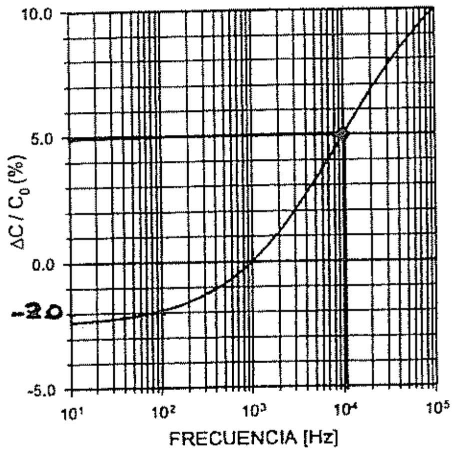


Figura 1. Capacidad del condensador en función de la frecuencia a temperatura nominal.

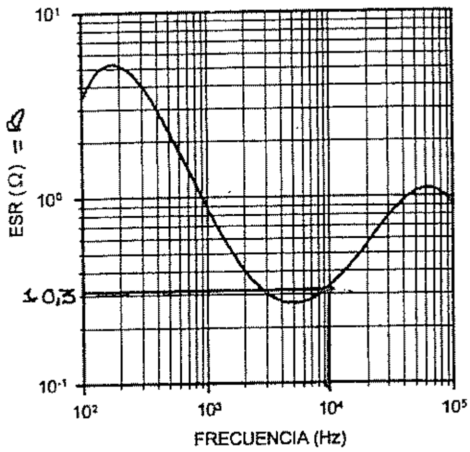


Figura 2. Resistencia serie equivalente (ESR) del condensador en función de la frecuencia a temperatura nominal.

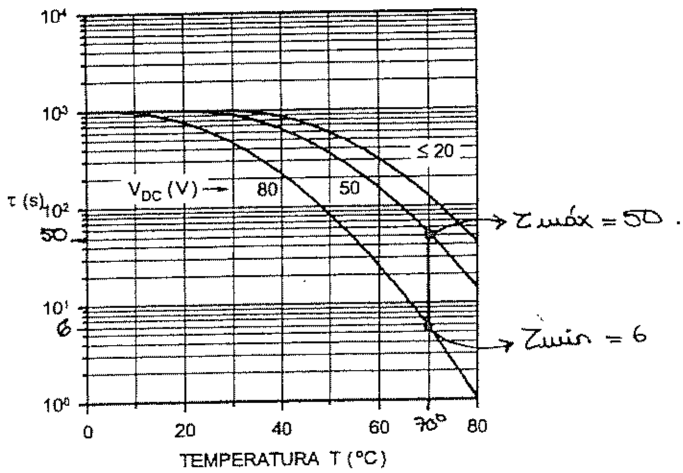


Figura 3. Constante de tiempo de autodescarga del condensador en función de la temperatura.

Nota:
Puede realizar, de forma justificada, las aproximaciones que considere oportunas.

CONDENSADORES

a) capacidades máxima y mínima.

$$C_{MAX} = C_N \left(1 + Tol\right)\left(1 + \left(\frac{\Delta C}{C}\right)_{f=10kHz}\right) \cong 1\mu F \cdot (1+0{,}05)(1+0{,}05)$$

Si $f = 10^4$ Hz $\Rightarrow$ $\frac{\Delta C}{C} = 5\% = 0{,}05$. (para $f_{máx}$ y $Tol_{máx}$)

$$C_{MAX} \cong 1\mu F \cdot (1+0{,}05+0{,}05) = 1{,}1\mu F.$$

$$C_{MIN} = C_N \left(1 + Tol_{min}\right)\left(1 + \left(\frac{\Delta C}{C}\right)_{f=100kHz}\right) = 1\mu F\,(1-0{,}05)(1+(-0{,}02))$$

Creo que son 100 Hz

Si $f = 100$ Hz $\Rightarrow$ $\frac{\Delta C}{C} = -2\% = -0{,}02$

$$C_{MIN} = 1\mu F\,(1-0{,}05-0{,}02) = 0{,}93\mu F.$$

b) Máxima y mínima R_{AISL}.

$R_{AISL} = \frac{\tau}{C_N}$ (gráfica de figura 3 (τ))

$$R_{AISL\,máx} = \frac{\cancel{\tau_{máx}}}{C_N} = \frac{50}{10^{-6}} = 50\ M\Omega \quad \left(\text{figura 3. } T^a = 70°, 50V\right)$$

$$R_{AISL\,min} = \frac{\tau_{min}}{C_N} = \frac{6}{10^{-6}} = 6\ M\Omega \quad \left(\text{figura 3. } T^a = 70°, 80V\right)$$

c) Si $V_{DC} = 50V$, ¿I_F?

como $V_{DC} = 50V \Rightarrow R_{AISL} = 50\ M\Omega$

$$I_F = \frac{V_{DC}}{R_{AISL}} = \frac{50\ V}{50\ M\Omega} = \underline{1\mu A}$$

d) Calcular $\tan\delta$. $f = 10kHz$ y T^a trabajo $= 70°$.

$\mathrm{tg}\,\delta = \omega_S \cdot R_S \cdot C_S$.

- calculamos R_S con la figura 2.

$R_S = 0{,}3\ \Omega$

- suponemos $\mathrm{tg}\,\delta \ll 1 \Rightarrow C_S = C = 1\mu\,(1+0{,}05) = 1{,}05\mu F$

$\mathrm{tg}\,\delta = 2\pi \cdot 10^4 \cdot 0{,}3 \cdot 1{,}05 \cdot 10^{-6} = 0{,}0198 \ll 1$ ok

$$\boxed{\mathrm{tg}\,\delta = 0{,}0198}$$

e) Calcular $|Z|$ a $T^a = 70^\circ$ y $f = 10\,kHz$.

$$|Z| = \sqrt{Rs^2 + \left(\frac{1}{\omega Cs}\right)^2} = \sqrt{(0{,}3)^2 + \frac{1}{(2\pi \cdot 10^4 \cdot 1{,}05 \cdot 10^{-6})^2}} = 15{,}2$$

$$\boxed{|Z| = 15{,}2\ \Omega}$$

f) Siendo: $A = 30\,V_p$, I_{ef}.

$$I_{ef} = \frac{V_{ef}}{|Z|} = \frac{30/\sqrt{2}}{15{,}2} = 1{,}39\,A.$$

COMENTARIO!!

Por el enunciado, $I_{nz\,máx} = 1\,A$ ⇒ si aplicásemos esta corriente el condensador se rompería

g) Potencia total disipada por el condensador si la tensión $V_{DC} = 50V$ y $V_{ac} = 30V$

Suponiendo que el condensador soporta esta corriente;

$$P_{TOTAL} = P_{DC} + P_{AC}$$

$$\rightarrow P_{DC} = V_{DC} \cdot I_F(50V) \underset{\text{apdo c)}}{=} 50 \cdot 1\,\mu A = 50\,\mu W$$

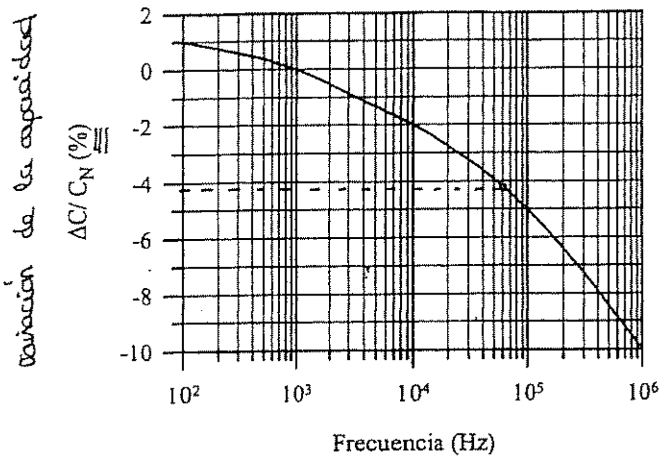
$$\rightarrow P_{AC} = I_{ef}^2 \cdot Rs \underset{\text{apdo d), f)}}{=} 1{,}39^2 \cdot 0{,}3 = 0{,}57\,W$$

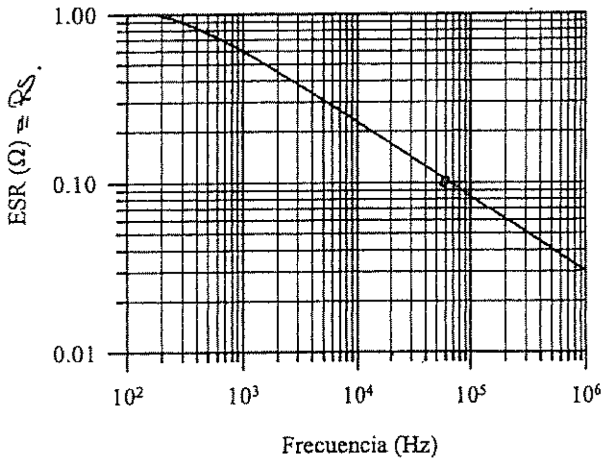
$$P_{TOTAL} = \underbrace{\cancel{50\,\mu W}}_{\text{se desprecia}} + 0{,}57\,W = 0{,}57\,W$$

$$\boxed{P_{TOTAL} = 0{,}57\,W}$$

Se dispone de un condensador no polarizado de capacidad nominal 1μF cuyas características se adjuntan.

Capacidad nominal	C_N	1 μF
Tensión nominal	V_N	16 V
Máxima corriente eficaz de rizado	I_{MAX}	1 A
Constante de tiempo de autodescarga	τ	10^3 s





a) Determine los valores de los elementos del circuito equivalente serie y el factor de perdidas (tgδ) a una frecuencia de 60 kHz.

b) Determine la máxima amplitud de tensión senoidal de 60 kHz que puede soportar el condensador en sus bornes.

c) Valor máximo de la corriente continua que puede atravesar el condensador en cualquier condición.

a) siendo $f = 60$ KHz.

¿Rs, Cs, tg δ?

- $C = C_N \left(1 + \left(\frac{\Delta C}{C_N}\right)_{f=60\,KHz}\right) = C_N \left(1 + (\underbrace{-0{,}042}_{\text{gráfica}})\right) = 0{,}958\ \mu F$

suponemos tg $\delta \ll 1$

$C_S = C = 0{,}958\mu F = 958$ nF

- $R_S = ESR = 0{,}1\,\Omega$ (gráfica)

- $tg\,\delta = \omega \cdot R_S \cdot C_S = 2\pi f \cdot R_S \cdot C_S = 2 \cdot \pi \cdot 60 \cdot 10^3 \cdot 0{,}1 \cdot 958 \cdot 10^{-9} = 0{,}036 \ll$

b) Máxima amplitud de señal sinusoidal a 60 KHz que puede soportar el condensador.

TEORÍA!!

Los posibles límites son:

- tensión nominal
- por corriente de rizado máximo.

Hay que ver cual actúa primero.

⇒ Por tensión nominal: $V_{ac\,pico} < 16\,V = V_N$

⇒ Por máxima corriente de rizado

$$|Z| = \sqrt{Rs^2 + \frac{1}{\omega^2 Cs^2}} = \sqrt{0{,}1^2 + \frac{1}{(2\pi \cdot 6 \cdot 10^4 \cdot 958 \cdot 10^{-9})^2}} = 2{,}76\,\Omega$$

$$V_{ac\,máx} < I_{máx} \cdot |Z| = \underset{(A)}{1} \cdot \underset{(\Omega)}{2{,}76} = 2{,}76\,V.$$

Por tanto $V_{ac\,max} = \min\{2{,}76\ ,\ 16\} = 2{,}76\,V_{ef}$.

$$\Rightarrow \text{Amplitud} = \frac{V_{ef}\sqrt{2}}{\cancel{\sqrt{2}}} = \frac{2{,}76\sqrt{2}}{\cancel{\sqrt{2}}} \Rightarrow \boxed{V_{ac\,max} = 3{,}91\ V_{pico}}$$

c) Valor máximo de la corriente continua que puede atravesar el condensador.

La condición para obtener una corriente continua máxima (I_F), es que la tensión continua sea máxima, es decir, que no haya $V_{ac} = 0$ y $V_{DC} = V_N = 16\,V$. $\quad (V_N = \underset{0}{V_{ac}} + V_{DC})$

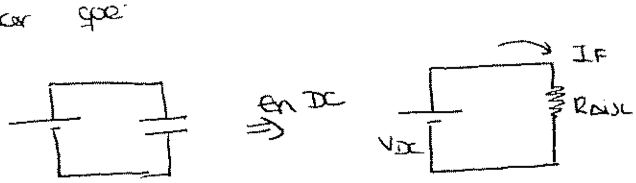
$$I_{F\,máx} = \frac{V_{DC}}{R_{aisl}} = \frac{V_N}{R_{aisl}}$$

- Calculamos R_{aisl}

$$\tau = R_{aisl} \cdot C_N \Rightarrow R_{aisl} = \frac{\tau}{C_N} = \frac{10^3}{10^{-6}} = 10^9\,\Omega = 1\,G\Omega$$

$$I_{F\,máx} = \frac{V_N}{R_{aisl}} = \frac{16}{10^9} = 16 \cdot 10^{-9} = 16\,nA.$$

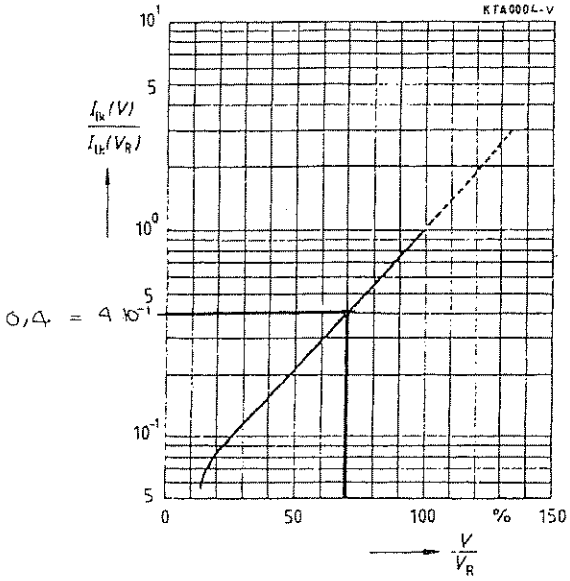
Recordar que:



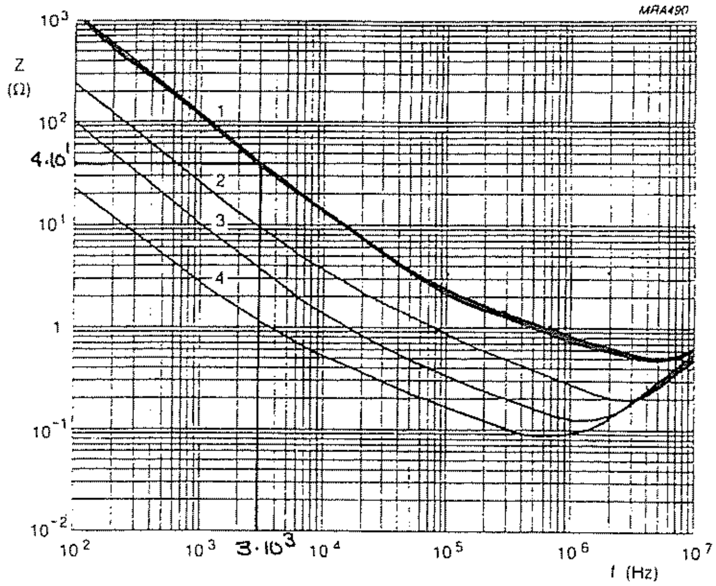
CONDENSADORES 5 [Febrero 2002-Cuestión] Gráfica rara.

A un condensador, cuyas características se adjuntan, se le aplica una tensión continua de 44 V que lleva superpuesta una señal senoidal de amplitud 10 V y frecuencia 3 kHz. Sabiendo que la capacidad serie que presenta el condensador a 3 kHz es de 1.37 μF, determine la potencia total disipada por el condensador.

Datos del condensador	
Tensión nominal (V_R):	63 V
Corriente de fugas (I_{lk}) a tensión nominal (V_R):	10 nA
Coeficientes de temperatura despreciables	



Factor multiplicador de la corriente de fugas en función de la tensión aplicada (relativa a la tensión nominal).



Módulo de la impedancia de condensador en función de la frecuencia. (**CURVA 1**)

$P_{total} = P_{DC} + P_{AC}$ (pág 5.3).

→ Potencia continua.

$P_{DC} = V_{DC} \cdot I_F = V_{DC} \cdot I_{lk}$

Hay que buscar los valores de la gráfica (IDEA FELIZ: $\times V_R \cdot \frac{1}{V_R}$)

$P_{DC} = V_{DC} \cdot I_{lk}(V_R) \cdot \frac{I_{lk}}{I_{lk}(V_R)} = \{\text{gráfica izquierda}\}$

$* \quad \frac{V}{V_R} = \frac{V_{DC}}{V_R} = \frac{44}{63} = 0{,}7 = 70\ \%$ gráfica $\Rightarrow \frac{I_{lk}}{I_{lk}(V_R)} = 0{,}4$

$P_{DC} = 44(V) \cdot 10(nA) \cdot 0{,}4 = 176\ nW$

$\boxed{P_{DC} = 176\ nW}$

→ Potencia alterna.

$$P_{\alpha} = I_{ef}^{2} \cdot R_S$$

$$|Z| = \sqrt{R_S^2 + \frac{1}{\omega^2 C_S^2}} \longrightarrow R_S = \sqrt{|Z|^2 - \frac{1}{\omega^2 C_S^2}}$$

• En la gráfica derecha:

$f = 3 \cdot 10^3$ Hz $\Rightarrow |Z| = 40$

$$R_S = \sqrt{40^2 - \frac{1}{(2\pi \cdot 3 \cdot 10^3 \cdot 1{,}37 \cdot 10^{-6})^2}} = 10\ \Omega.$$

• Calculamos la corriente.

$$I_{ef} = \frac{V_{ef}}{|Z|} = \frac{\frac{10}{\sqrt{2}}}{40} = 0{,}176\ A_{ef}$$

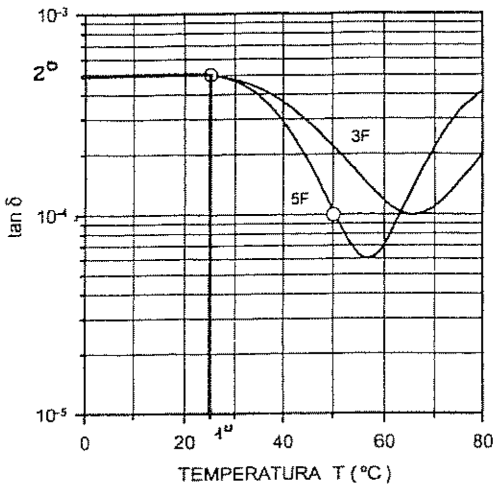
$$P_{AC} = (0{,}176)^2 \cdot 10 = 0{,}31\ W = 310\ mW$$

→ Potencia total:

$$P = P_{AC} + P_{DC} = 0{,}31\ W + \underbrace{\cancel{176\ nW}}_{\text{se desprecia}} \simeq 0{,}31\ W = P_{AC}$$

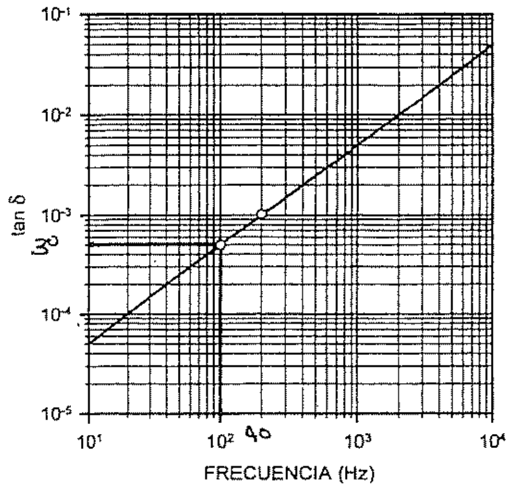
CONDENSADORES 6 [Septiembre 2000-Cuestión] ¡¡CUIDADO CON LAS GRÁFICAS!!

En las figuras adjuntas se representa la variación de tan δ correspondiente a las series de condensadores BC-3F y BC-5F.



1ª aptdo a)

Tan δ a frecuencia nominal en función de la temperatura (Series 3F y 5F).



Tan δ a temperatura nominal en función de la frecuencia. (Series 3F y 5F).

Sabiendo que la temperatura nominal de especificación de las pérdidas es de 25°C, determine:

(a) Frecuencia nominal de especificación del factor de pérdidas y valor de éste en condiciones nominales.

(b) Se elige un condensador de capacidad 1μF de la serie BC-5F. Suponiendo despreciables los coeficientes de variación de la capacidad con la frecuencia y temperatura, determine, realizando de forma justificada las aproximaciones que considere oportunas, el valor de la resistencia serie que presentará dicho condensador a 200Hz y 50°C.

a) Frecuencia nominal de especificación de tg δ y su valor en condiciones nominales.

A $T^a = 25°C$ en la gráfica izquierda $\Rightarrow tg\,\delta = 5 \cdot 10^{-4}$

Ahora, en la gráfica derecha, con $tg\,\delta = 5 \cdot 10^{-4}$, tenemos que $\boxed{f = 100\,Hz}$ frecuencia nominal

b) Rs del condensador a $f = 200\,Hz$, $50°C$.

Hay un problema

si $f = 200\,Hz \Rightarrow tg\,\delta = 10^{-3}$ ¿?

$T = 50°C \Rightarrow tg\,\delta = 10^{-4}$

Lo que se hace es:

$$\underbrace{tg\,\delta\,(50°,\,200\,Hz)}_{\text{☼}} = \overbrace{tg\,\delta(25°,\,200\,Hz)}^{\text{☾}} \cdot \frac{\overbrace{tg\,\delta\,(50°,\,100\,Hz)}^{\text{☼}}}{\underbrace{tg\,\delta\,(25°,\,100\,Hz)}_{\text{☾}}}$$

→ gráfica izquierda o derecha

☾ ⇒ suponemos que la dependencia de tg δ(T) es la misma a cualquier frecuencia.

$$tg\,\delta\,(50°,\,200\,Hz) = 10^{-3} \cdot \frac{10^{-4}}{5\cdot 10^{-4}} = 2\cdot 10^{-4} \ll 1$$

☾ = gráfica derecha

☼ = gráfica izquierda

como $tg\,\delta \ll 1$

$$C_S = C = 1\,\mu F$$

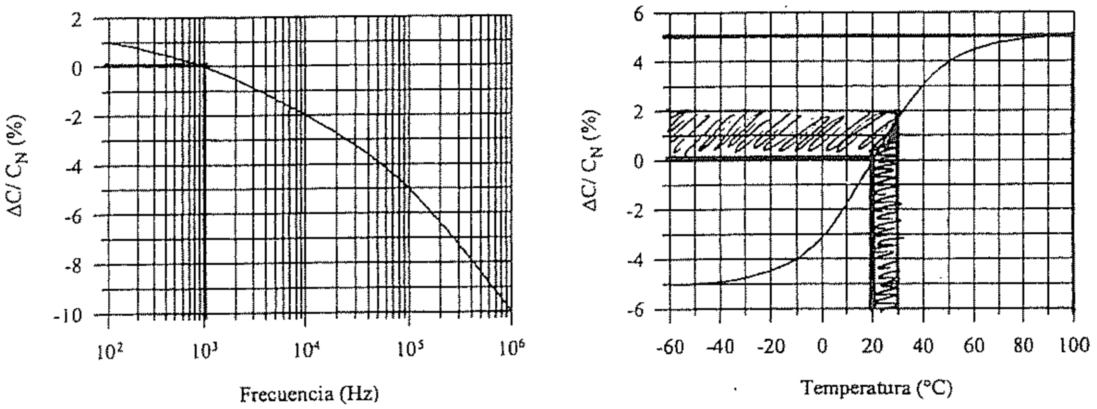
$$tg\,\delta = \omega \cdot R_S \cdot C_S \Rightarrow R_S = \frac{tg\,\delta}{\omega \cdot C_S} = \frac{2\cdot 10^{-4}}{2\pi \cdot 200 \cdot 10^{-6}} = 0{,}16\,\Omega$$

$$\boxed{R_S = 0{,}16\,\Omega}$$

CONDENSADORES 7 [Septiembre 1999-Cuestión]

La capacidad nominal de un condensador es C_N=1nF y su tolerancia es ± 10 %. Las figuras adjuntas representan la variación de la capacidad con la frecuencia y la temperatura.

Calcule (a) la capacidad máxima que puede tener el condensador en condiciones nominales, (b) la capacidad máxima que puede tener a 100ºC y 1 kHz y (c) el valor aproximado del coeficiente de temperatura de la capacidad para temperaturas próximas a 20 ºC expresado en ppm / ºC.



a) Capacidad máxima del condensador en condiciones nominales ⟺

$$\frac{\Delta C}{C}(f) = \frac{\Delta C}{C}(T) = 0.$$

$\frac{\Delta C}{C}(f) = 0 \Rightarrow$ Frecuencia nominal : $f = 10^3$ Hz $= 1$ kHz.

$\frac{\Delta C}{C}(T) = 0 \Rightarrow$ temperatura nominal : $T^a = 20°C$.

Sólo afecta la tolerancia.

$$C_{MAX} = C_N\,(1 + Tol) = 1nF\,(1 + 0,1) = 1,1\,nF.$$

b) Capacidad máxima a 100°C y 1kHz.

$$\frac{\Delta C}{C}(1\,kHz) = 0$$

$$\frac{\Delta C}{C}(100°C) = 5\,\% = 0,05$$

Afectan la tolerancia y la T^a.

$$C_{MAX} = C_N\,(1 + Tol)\left(1 + \left(\frac{\Delta C}{C}\right)_{T^a = 100°C}\right) \simeq C_N\left(1 + Tol + \left(\frac{\Delta C}{C}\right)_{T = 100°C}\right)$$

$$C_{MAX} = 1nF\,(1 + 0,1 + 0,05) = 1,15\,nF$$

c) Valor aproximado del coeficiente de [illegible] de la [illegible] [illegible] - [illegible] a 20° expresado en ppm/°C.

$$\alpha = \frac{1}{CN} \cdot \frac{dCN}{dT} \simeq \frac{1}{CN} \cdot \frac{\Delta CN}{\Delta T} = \frac{1}{\Delta T} \cdot \frac{\Delta CN}{CN}$$

* Gráfica 2.

$$\alpha = 2\% \cdot \frac{1}{30^\circ - 20^\circ} = 2\% \cdot \frac{1}{10^\circ} = 0{,}2\,\%/^\circ C$$

$$\boxed{\alpha = 0{,}2\,\%/^\circ C}$$

Tomamos el intervalo (20, 30) °C porque la gráfica es lineal

CONDENSADORES 8 [Febrero 2006-Problema]

Se dispone de un amplificador que entrega a la salida una tensión sinusoidal de amplitud V_g y frecuencia variable en el intervalo 200Hz - 200kHz con un offset V_0 = 10V y con una impedancia de salida despreciable. A la salida del amplificador debe conectarse una carga resistiva de valor R_C = 80Ω. Con objeto de eliminar la componente continua en la resistencia de carga y aplicar a la misma de un modo eficiente la tensión alterna entregada por el amplificador, se decide incluir en el montaje un condensador de desacoplo. En condiciones normales de utilización la temperatura ambiente en el interior de la caja del amplificador es 70ºC.

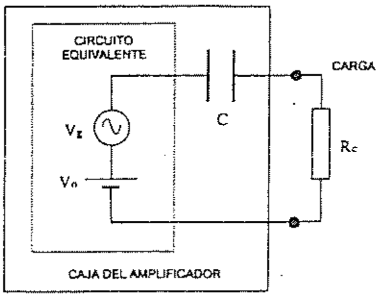


Figura 1. Esquema del montaje realizado

Las características de los tres condensadores C_1, C_2 y C_3 disponibles se muestran en la Tabla 1 y en las Figuras adjuntas.

1. Margen de valores entre los que se encontrará la capacidad en las condiciones de trabajo.
2. Si la tensión continua en la resistencia de carga debe ser la mínima posible, seleccione el condensador más adecuado.

Suponiendo, a partir de este punto, que en condiciones nominales, la capacidad de los condensadores coincide con la nominal:

3. Obtenga el circuito equivalente serie del condensador que ha elegido y el módulo de su impedancia a las frecuencias de trabajo de 200Hz y 200kHz.
4. Si la amplitud de la tensión alterna entregada por el amplificador es V_g = 5V y su frecuencia es 200Hz, calcule la potencia total disipada por el condensador.
5. A la vista de los resultados del Apartado 3, ¿Cree que el acoplo de la componente alterna a la carga se realiza correctamente en todo el intervalo de frecuencias? Razone su respuesta.

Puede realizar de forma justificada todas las aproximaciones que considere oportunas

Capacidad nominal:	C_N = 1 μF
Tolerancia:	± 10%
Coeficiente de frecuencia:	despreciable

Tabla 1. Datos generales válidos para los tres condensadores disponibles.

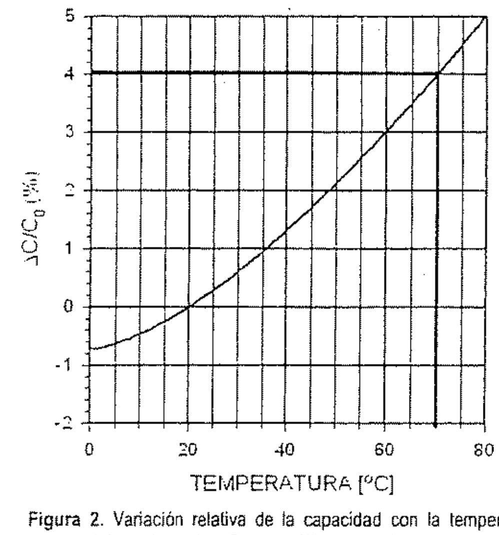


Figura 2. Variación relativa de la capacidad con la temperatura del cuerpo del condensador. Curvas válidas para los tres condensadores disponibles.

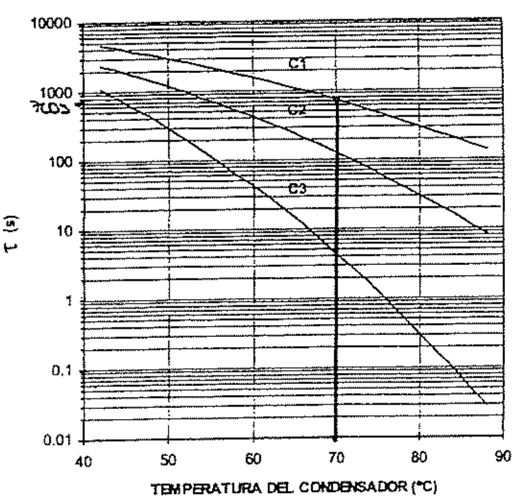


Figura 3. Constante de tiempo de autodescarga de los tres condensadores disponibles (C_1, C_2 y C_3) en función de la temperatura del cuerpo del condensador.

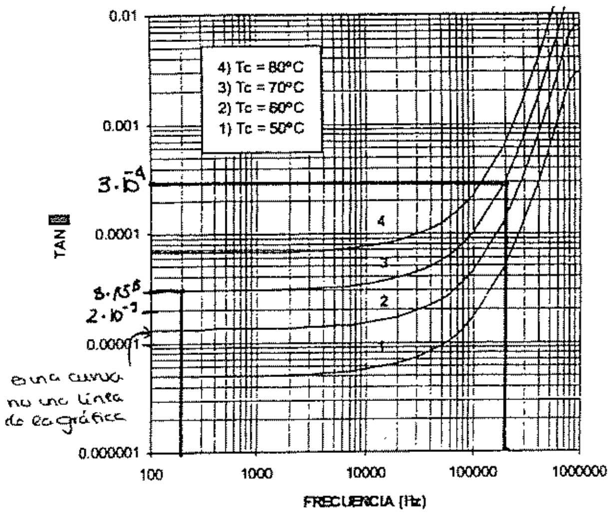


Figura 4. Variación de tan δ con la frecuencia y con la temperatura del cuerpo del condensador. Curvas válidas para los tres condensadores disponibles.

a) Margen de valores entre los que se encontrará la capacidad en cond. trabajo.

- $C_{MAX} = C_N \cdot \left(1 + Tol_{max}\right) \cdot \left(1 + \left(\frac{\Delta C}{C}\right)_{T^a = 70^\circ C}\right) \simeq C_N \left(1 + Tol_{max} + \left(\frac{\Delta C}{C}\right)_{T^a = 70^\circ C}\right)$

$\overset{*}{=} 1\mu F \; (1 + 0{,}1 + 0{,}04) = 1{,}14 \mu F$

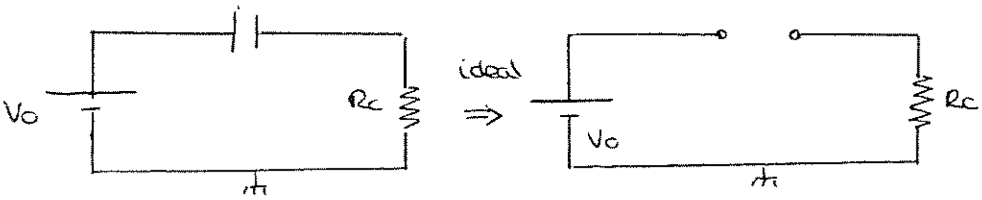
* en la figura 2, a $T^a = 70^\circ C \Rightarrow \frac{\Delta C}{C} = 4\% = 0{,}04$.

- $C_{MIN} = C_N \left(1 + Tol_{min}\right)\left(1 + \left(\frac{\Delta C}{C}\right)_{T^a = 70^\circ}\right) \simeq C_N \left(1 + Tol_{min} + \left(\frac{\Delta C}{C}\right)_{T^a = 70^\circ}\right)$

$= 1\mu F \; (1 - 0{,}1 + 0{,}04) = 0{,}96 \mu F$.

b) Seleccionar el condensador más adecuado para que la tensión continua en la resistencia de carga sea mínima.

$\rightarrow$ Estudio en continua.



$V_{RC} = 0$, que es la mínima.

El condensador más adecuado será aquel que presente mayor R_{ais}.

IDEA FELIZ!!

Como $\tau = C_N R_{ais}$, τ es proporcional R_{ais} (xq $C_{N1} = C_{N2} = C_{N3} = C_N$)

$\Rightarrow$ en la gráfica 3 buscaremos el que mayor τ tenga a 70°.

C_1 sería el condensador más adecuado.

c) Calcular R_{S1}, C_{S1} y $|Z_1|$.

Suponemos $\tan\delta \ll 1$

- $C_S = C = C_N \left(1 + \left(\frac{\Delta C}{C}\right)_{T^a = 70^\circ}\right) = 1\mu F \; (1 + 0{,}04) = 1{,}04 \mu F$.

válido $\forall$ frecuencias $\boxed{C_S = 1{,}04 \mu F}$

- Cálculo de R_S (figura 4 (MUY DIFÍCIL)).

$tg\,\delta = \omega \cdot R_S \cdot C_S \;\rightarrow\; R_S = \frac{tg\,\delta}{\omega C_S}$

• $f = 200\ Hz$.

$$R_s = \frac{3 \cdot 10^{-5}}{2 \cdot \pi \cdot 200 \cdot 1{,}04 \cdot 10^{-6}} = 23\ m\Omega$$

• $f = 200\ kHz$

$$R_s = \frac{3 \cdot 10^{-4}}{2\pi \cdot 200 \cdot 10^{3} \cdot 1{,}04 \cdot 10^{-6}} = 0{,}23\ m\Omega.$$

• Calculamos la impedancia para distintas frecuencias.

$$|Z| = \sqrt{R_s^2 + \frac{1}{(\omega C)^2}}$$

• $f = 200\ Hz$

$$|Z_1| = \sqrt{(23 \cdot 10^{-3})^2 + \frac{1}{(2\pi\ 200 \cdot 1{,}04 \cdot 10^{-6})^2}} = 765\ \Omega$$

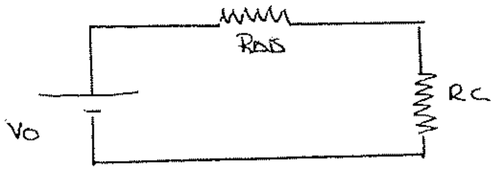
• $f = 200\ kHz$

$$|Z_2| = \sqrt{(0{,}23 \cdot 10^{-3})^2 + \frac{1}{(2\pi \cdot 200 \cdot 10^{3} \cdot 1{,}04 \cdot 10^{-6})^2}} = 0{,}765\ \Omega$$

d) Si $f = 200\ Hz$, $V_{dc} = 5V$, ¿P_{dc}?

→ En continua

$$\tau = C_N R_{ais} \Rightarrow R_{ais} = \frac{\tau}{C_N} = \frac{7000\,s}{10^{-5}} = 700\ M\Omega.$$



Como $R_{ais} = 700\ M\Omega \ggg R_C = 80\ \Omega$

Podemos suponer que toda la tensión cae en el condensador.

Por tanto, podemos aproximar $V_{dc} = V_o$ en bornas del condensador

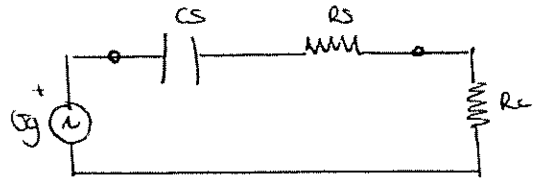
$$P_{dc} = \frac{V_{dc}^2}{R_{ais}} = \frac{V_o^2}{R_{ais}} = \frac{10^2}{700 \cdot 10^6} = 0{,}1428 \cdot 10^{-6}\ W = 0{,}14\ \mu W$$

→ En alterna.

$$P_{ef} = I_{ef}^2 \cdot R_s$$

$$I_{ef} = \frac{V_{ef}}{|Z_T|} = \frac{5/\sqrt{2}}{|Z_T|}$$

f=200Hz



circuito equivalente en alterna.

$$|Z_T| = \sqrt{(R_s+R_c)^2 + \left(\frac{1}{\omega C}\right)^2} = \sqrt{(80+0{,}023)^2 + \frac{1}{(2\pi \cdot 200 \cdot 1{,}04 \cdot 10^{-6})}}$$

$$I_{ef} = \frac{5/\sqrt{2}}{|Z_T|} = 0{,}046\ A = 4{,}6\ mA.$$

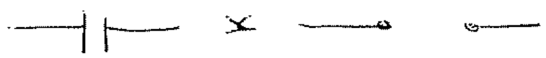
$$P_{AC} = I_{ef}^2 \cdot R_s = (4{,}6 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 0{,}023 = 0{,}49\ \mu W$$

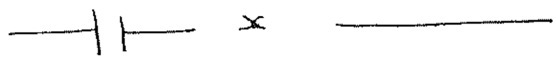
$$P_{TOTAL} = P_{DC} + P_{AC} = 0{,}49\ \mu W + 0{,}14\ \mu W = 0{,}63\ \mu W$$

$$\boxed{P_{TOTAL} = 0{,}63\ \mu W}$$

e) ¡¡PENSAR!!

Lo que significa es que:

CONTINUA  Z = ∞

ALTERNA  Z = 0

¿Cumple esto el circuito?

Si metes un condensador para quitar la continua, en alterna debe ser invisible, sino, no merece la pena.

Para que el acoplo de la corriente alterna sea correcto, el valor de la impedancia del condensador en el margen de frecuencias de trabajo debe ser mucho menor que la resistencia de la carga.

En el apartado 3 se observa que esta condición se cumple para las frecuencias altas pero no para las bajas.

Por tanto, podemos afirmar que el acoplo no se realiza correctamente en el margen de frecuencias dicho.