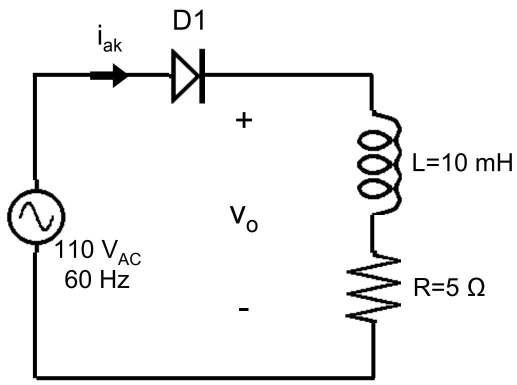
Enunciado

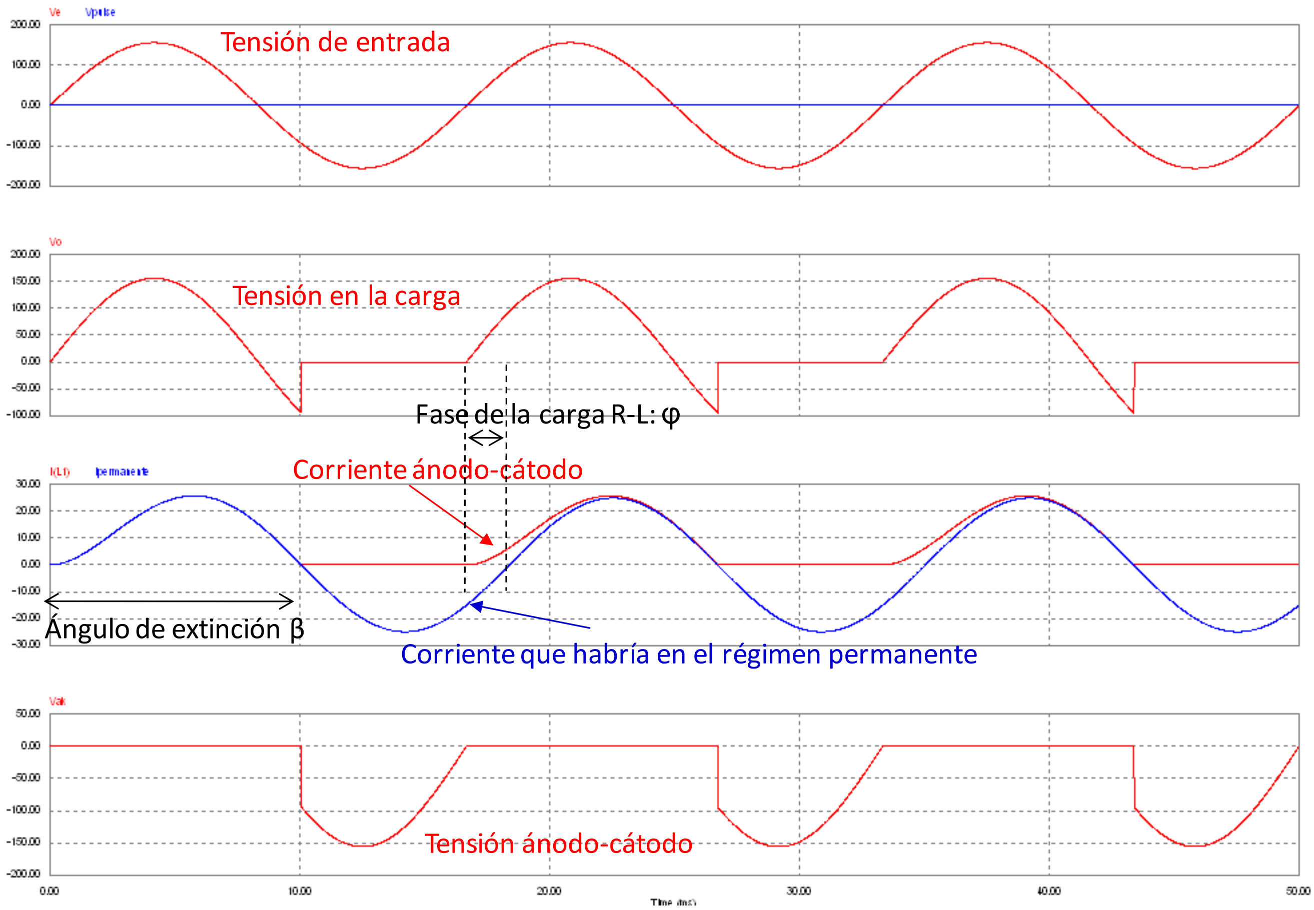
Para el circuito de la siguiente figura, se pide:



1. Represente la tensión ánodo-cátodo vak1 en el diodo D1, la corriente ánodo-cátodo iak1 y la tensión en la carga vo.
2. Determine la expresión exacta de la corriente ánodo-cátodo iak1.
3. Si la corriente ánodo-cátodo iak1 se anula en algún instante, calcule el ángulo de extinción.

Solución propuesta

1. *Represente la tensión ánodo-cátodo v_{ak1} en el diodo D1, la corriente ánodo-cátodo i_{ak1} y la tensión en la carga v_o.*



---

2. *Determine la expresión exacta de la corriente ánodo-cátodo i_{ak1}.*

En el momento en el que el diodo empieza a conducir, se produce un transitorio. Puesto que el circuito está formado por una bobina y una resistencia, la evolución de la corriente se puede calcular aplicando la ecuación del transitorio de un circuito de primer orden:

$i_{ak}(t) = i_\infty(t) + [i(t_0) - i_\infty(t_0)] \cdot e^{-(t-t_0)/\tau}$, donde:

$i_\infty(t)$ es la corriente en el régimen permanente

$i_\infty(t_0)$ es la corriente en el régimen permanente particularizada para el instante inicial t_0

$i(t_0)$ es la corriente en el instante inicial t_0

$\tau = L/R$ es la constante de tiempo del circuito

- <u>Cálculo de la corriente en el régimen permanente:</u>

En el régimen permanente se puede considerar régimen permanente sinusoidal, puesto que la fuente de tensión sinusoidal está siendo aplicada a la carga. Por tanto, aplicando fasores, la corriente que circula por el circuito $\bar{i}_\infty$, se obtiene:

$\bar{i}_\infty = \dfrac{\bar{u}_g}{\bar{Z}}$, donde $\bar{u}_g = U_g$ y $\bar{Z} = R + j\omega L$

En el dominio del tiempo se puede considerar:

$i_\infty(t) = \dfrac{U_g}{Z} \cdot \sin(\omega t - \varphi)$, donde:

$Z = |R + j\omega L| = \sqrt{R^2 + \omega^2 L^2}$ es el módulo de la impedancia

$\varphi = a\tan\left(\dfrac{\omega L}{R}\right)$ es la fase de la impedancia

- <u>Cálculo de la corriente en el régimen permanente particularizada para el instante inicial t_0:</u>

Particularizando para el instante inicial la expresión antes calculada de la corriente en el régimen permanente se obtiene:

$$i_\infty(t_0) = \frac{U_g}{Z} \cdot \sin(\omega t_0 - \varphi)$$

Puesto que el diodo empieza a conducir en el instante t_0=0:

$$i_\infty(t_0) = -\frac{U_g}{Z} \cdot \sin(\varphi)$$

- <u>Cálculo de la corriente en el instante inicial:</u>

$i(t_0) = 0$, puesto que se considera que la bobina parte de un estado de corriente nula.

Finalmente, la expresión de la corriente ánodo-cátodo por el diodo i_{ak} puede expresarse como:

$$i_{ak}(t) = \frac{U_g}{Z} \cdot \sin(\omega t - \varphi) + \frac{U_g}{Z} \cdot \sin(\varphi) \cdot e^{-t \cdot R/L}$$

---

3. *Si la corriente ánodo-cátodo i_{ak1} se anula en algún instante, calcule el ángulo de extinción.*

Puesto que el circuito está en modo de conducción discontinuo, la corriente se anula en un determinado instante que se llama ángulo de extinción β (mostrado en las formas de onda del apartado 1). Para proceder a su cálculo, primero se escribe la ecuación de la corriente ánodo-cátodo en función del ángulo θ en lugar del tiempo:

$$i_{ak}(t) = \frac{U_g}{Z} \cdot \sin(\omega t - \varphi) + \frac{U_g}{Z} \cdot \sin(\varphi) \cdot e^{-t \cdot R/L}$$

$$i_{ak}(\theta) = \frac{U_g}{Z} \cdot \sin(\theta - \varphi) + \frac{U_g}{Z} \cdot \sin(\varphi) \cdot e^{-\theta \cdot R/\omega L}$$

Puesto que la corriente se hace cero para el ángulo de extinción β, hay que resolver la siguiente ecuación:

$$i_{ak}(\beta)=\frac{U_g}{Z}\cdot\sin(\beta-\varphi)+\frac{U_g}{Z}\cdot\sin(\varphi)\cdot e^{-\beta\cdot R/\omega L}$$

Esta ecuación es trascendente y no se puede despejar el ángulo de extinción, por lo que β se calculará mediante un proceso iterativo. Como punto inicial para la iteración (β_1) se tomará un ángulo igual a π más la fase de la impedancia ϕ:

$$\beta_1=\pi+\varphi$$

A continuación se muestra la resolución numérica del ejercicio y las iteraciones que se realizaron para encontrar el valor adecuado de β. El valor más próximo a la solución final es β_4, que corresponde a 3,795 rad.

$R := 5$

$L := 10\cdot 10^{-3}$

$U_{ac} := 110$ $\quad U_p := U_{ac}\cdot\sqrt{2}$ $\quad U_p = 155.563$

$f := 60$ $\quad \omega := 2\cdot\pi\cdot f$ $\quad \omega = 376.991$

$Z := \sqrt{R^2+\omega^2\cdot L^2}$ $\quad Z = 6.262$

$\phi := \operatorname{atan}\left(\frac{\omega\cdot L}{R}\right)$ $\quad \phi = 0.646$ (en radianes) $\quad \phi\cdot\frac{180}{\pi} = 37.016$ (en grados)

$t := \frac{\phi}{2\cdot\pi\cdot f}$ $\quad t = 1.714\times 10^{-3}$

$\frac{U_p}{Z} = 24.843$ $\quad \tau := \frac{L}{R}$ $\quad \tau = 2\times 10^{-3}$

$$i(\theta) := \frac{U_p}{Z}\cdot\sin(\theta-\phi)+\frac{U_p}{Z}\cdot\sin(\phi)\cdot e^{\frac{-\theta}{\omega\cdot\tau}}$$

$\beta_1 := \pi+\phi$ $\quad \beta_1 = 3.788$ $\quad i(\beta_1) = 0.098$

$\beta_2 := 3.79$ $\quad i(\beta_2) = 0.039$

$\beta_3 := 3.8$ $\quad i(\beta_3) = -0.21$

$\beta_4 := 3.795$ $\quad i(\beta_4) = -0.085$

$\beta_5 := 3.792$ $\quad i(\beta_5) = -0.011$