

Enunciado

El convertidor CC/CC de la Figura 1 opera en régimen permanente en Modo de Conducción Continuo. La frecuencia y el ciclo de trabajo de operación del interruptor S son 50kHz y 50% respectivamente. En estas condiciones la potencia proporcionada por la fuente de continua de entrada (V_e) es 10kW y la tensión de salida del convertidor (V_o) es 100V.

1. Suponiendo todos los componentes ideales y el rizado de la corriente por la bobina L despreciable, determinar el valor de la capacidad del condensador C para que el rizado de V_o sea un 1%.

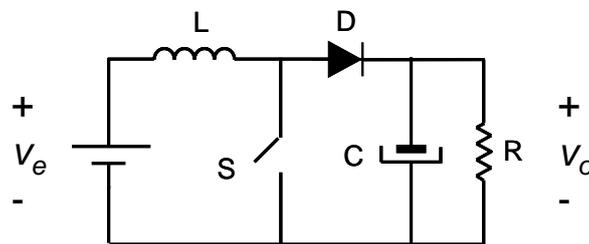


Figura 1

2. Calcular, para el convertidor de la Figura 1, la relación entre la tensión de salida, V_o , y la tensión de entrada, V_e , cuando el convertidor opera en MCD (Modo de Conducción Discontinuo). NOTA: La expresión que se proporcione como resultado, debe contener los parámetros L, R, ciclo de trabajo y la frecuencia o periodo de conmutación. Además, suponer para el cálculo todos los componentes ideales.

Solución propuesta

Apartado 1

El incremento de la tensión de salida (ΔV_o) viene dado por el incremento de la tensión en el condensador (ΔV_c). A partir de la ecuación fundamental del condensador (1), donde i_c es la corriente que circula por el condensador, se obtiene la expresión del incremento de tensión del condensador (2),

$$i_c = C \frac{dv_c}{dt} \quad (1)$$

$$\frac{i_c}{C} \cdot dt = dv_c \quad (2)$$

Es decir, que se necesita obtener la forma de la corriente en el condensador (i_c). Para ello, se va a analizar el funcionamiento del circuito de la Figura 1.1.

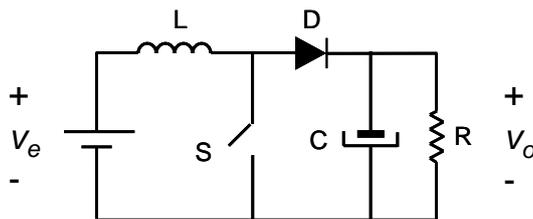


Figura C2.1

Por un lado, para que el circuito esté operando en régimen permanente se debe cumplir que el valor medio de la corriente en el condensador tiene que ser nulo ($\bar{i}_c = 0A$). Por lo tanto, se debe cumplir que el valor medio de corriente del diodo es igual al valor de corriente continua de salida ($\bar{i}_D = I_o$). Por otro lado, al cerrar el interruptor S, la tensión cátodo-ánodo en el diodo es la tensión de salida, por lo tanto el diodo no conduce. Al abrir S, como la corriente de la bobina no puede variar bruscamente, obliga a conducir al diodo. Según las indicaciones del enunciado el rizado de corriente en la bobina es despreciable y, por lo tanto, se puede considerar la corriente de la bobina como constante.

Teniendo en cuenta estas consideraciones, la forma de la señal de control del interruptor S (v_s), la corriente en el diodo (i_D) y en el condensador (i_c) se representan en la Figura 1.2:

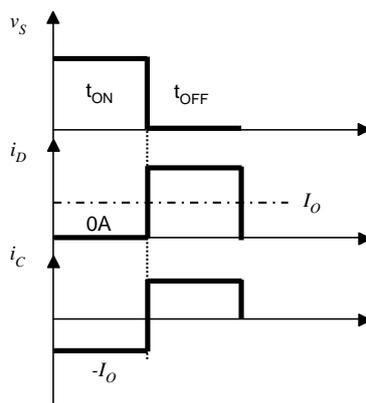


Figura 1.2

Por lo tanto, a partir de (2) se puede obtener la expresión del incremento de la tensión de salida (ΔV_o):

$$\Delta v_C = \Delta V_o = \frac{1}{C} \int_0^{t_{ON}} I_o \cdot dt \tag{3}$$

Área i_c en t_{ON}

$$\Delta V_o = \frac{I_o}{C} \cdot (t_{ON}) = \frac{I_o}{C} \cdot d \cdot T = \frac{I_o}{C} \cdot d \cdot \frac{1}{f} \tag{4}$$

donde d es el ciclo de trabajo del interruptor S.

Despejando de (4), el valor de C es:

$$C = \frac{I_o}{\Delta V_o} \cdot d \cdot \frac{1}{f} \tag{5}$$

Para determinar el valor de I_o se realiza un balance de potencias en el circuito:

$$P_e = P_o = V_o \cdot I_o \Rightarrow I_o = \frac{10 \cdot 10^3}{100} = 100A$$

Sustituyendo los datos del enunciado y el valor de I_o en (5), se obtiene el valor de C necesario para obtener el rizado de tensión de salida especificado:

$$C = \frac{100}{\frac{1}{100}} \cdot 0,5 \cdot \frac{1}{50 \cdot 10^3} = \frac{5}{5} \cdot 10^{-3} = 1mF$$

Apartado 2

Aplicando las condiciones de régimen permanente:

La tensión media en la bobina debe ser nula: $\overline{V_L} = 0V$. La forma de la tensión en la bobina en función de los distintos intervalos de tiempo de los tres estados de funcionamiento que se producen en el convertidor elevador de la Figura 1 se muestran en la figura C2.1.

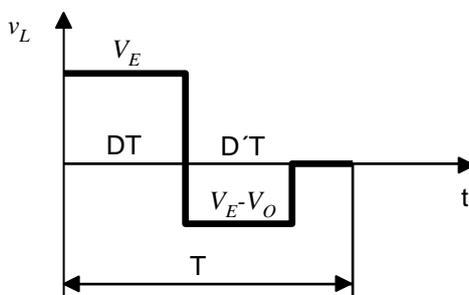


Figura C2.1

Se obtiene la relación (1):

$$V_E \cdot D \cdot T = (V_o - V_E) \cdot D' \cdot T \tag{1}$$

$$D' = \frac{V_E}{V_o - V_E} \cdot D$$

La potencia de entrada debe ser igual a la potencia de salida: $P_o = P_E$.

$$\left. \begin{aligned} P_E &= V_E \cdot \overline{i_E} = V_E \cdot \overline{i_L} \\ P_o &= V_o \cdot I_o = \frac{V_o^2}{R_o} \end{aligned} \right\} V_E \cdot \overline{i_L} = \frac{V_o^2}{R_o} \tag{2}$$

La forma de la corriente en la bobina, teniendo en cuenta que el convertidor está operando en MCD, se anula en cada ciclo de conmutación, y por lo tanto el valor de la corriente media ($\overline{i_L}$) se puede obtener mediante la expresión (3) tal como se deduce en la figura C2.2.

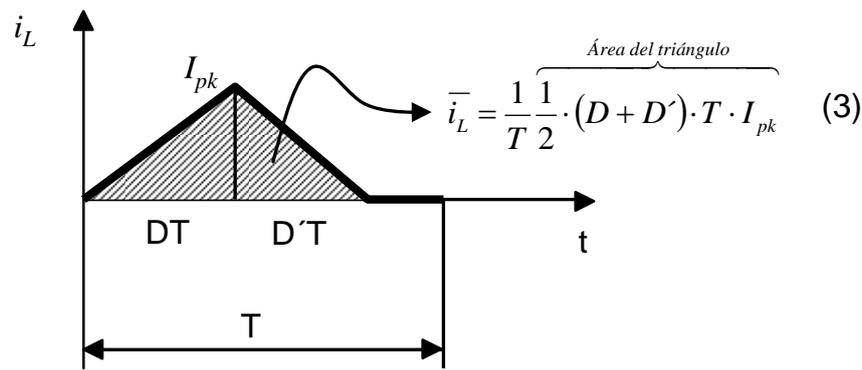


Figura C2.2

Sustituyendo (3) en (2):

$$V_E \cdot \frac{1}{2} \cdot (D + D') \cdot I_{pk} = \frac{V_O^2}{R_O} \quad (4)$$

donde IPK es la intensidad de pico de la bobina que viene dada por la expresión:

$$I_{pk} = \frac{V_E \cdot D \cdot T}{L} \quad (5)$$

De (1) se obtiene que:

$$D + D' = D + \frac{V_E}{V_O - V_E} \cdot D = D \cdot \left(\frac{V_O - V_E + V_E}{V_O - V_E} \right) \quad (6)$$

Sustituyendo (5) y (6) en (4):

$$V_E \cdot \frac{1}{2} \cdot D \cdot \frac{V_O}{V_O - V_E} \cdot \frac{V_E \cdot D \cdot T}{L} = \frac{V_O^2}{R_O}$$

$$V_E^2 \cdot D^2 \cdot T \cdot R_O = 2 \cdot L \cdot V_O \cdot (V_O - V_E)$$

$$V_E^2 \cdot D^2 \cdot \underbrace{\frac{T \cdot R_O}{2 \cdot L}}_{\frac{1}{K}} = V_O^2 - V_O \cdot V_E$$

$$V_O^2 - V_O \cdot V_E - \frac{V_E^2 \cdot D^2}{K} = 0$$

Resolviendo la ecuación de 2º grado, sólo hay una solución posible que nos proporciona la relación entre la tensión de salida (V0) y de entrada (VE) buscada:

$$V_O = \frac{V_E + \sqrt{V_E^2 + 4 \frac{V_E^2 \cdot D^2}{K}}}{2}$$

$$V_O = V_E \cdot \frac{1 + \sqrt{1 + 4 \frac{D^2}{K}}}{2}$$

donde K es la constante adimensional que viene dada por la expresión: $K = \frac{2 \cdot L}{R \cdot T}$