

Solución problema

Elevador

Reductor-elevador

Apartado 1

La relación entre la tensión de salida, la de entrada y el ciclo de trabajo es:

$$V_o = V_g \cdot \frac{1}{1-d}$$

$$V_o = V_g \cdot \frac{d}{1-d}$$

A partir de estas ecuaciones se puede calcular el ciclo de trabajo:

$$d = \frac{V_o - V_g}{V_o}$$

$$d = \frac{V_o}{V_o + V_g}$$

Por tanto la variación del ciclo de trabajo en cada uno de los casos es:

$$d(V_g = 200 V) = \frac{400 - 200}{400} = 0,5$$

$$d(V_g = 200 V) = \frac{400}{400 + 200} = 0,666$$

$$d(V_g = 350 V) = \frac{400 - 350}{400} = 0,125$$

$$d(V_g = 350 V) = \frac{400}{400 + 350} = 0,533$$

Apartado 2

Para la tensión de entrada nominal, el ciclo de trabajo es:

$$d(V_g = 300 V) = \frac{400 - 300}{400} = 0,25$$

$$d(V_g = 300 V) = \frac{400}{400 + 300} = 0,57$$

En el elevador la bobina está situada a la entrada del circuito, y por tanto su valor medio es:

$$\bar{i}_L = I_g = \frac{P_g}{V_g} = \frac{V_o \cdot I_o}{V_g} = \frac{400 \cdot 10}{300} = 13,33 A$$

En el reductor-elevador la corriente por la bobina es igual a la corriente del MOSFET y la del diodo, y por tanto su valor medio es:

$$\bar{i}_L = I_g + I_o = \frac{P_g}{V_g} + I_o = \frac{400 \cdot 10}{300} + 10 = 23,33 A$$

Apartado 3

Para la tensión de entrada nominal, el ciclo de trabajo es:

$$L = \frac{V_g \cdot d \cdot T}{\Delta I_L} = \frac{300 \cdot 0,25 \cdot \frac{1}{50 \cdot 10^3}}{0,2 \cdot 13,33} = 562,5 \mu H$$

$$L = \frac{V_g \cdot d \cdot T}{\Delta I_L} = \frac{300 \cdot 0,57 \cdot \frac{1}{50 \cdot 10^3}}{0,2 \cdot 23,33} = 732,87 \mu H$$

Apartado 4

Las pérdidas en cada uno de los elementos considerados son:

$$I_{DSef} = \bar{i}_L \cdot \sqrt{d} = 13,33 \cdot \sqrt{0,25} = 6,66 A$$

$$I_{DSef} = \bar{i}_L \cdot \sqrt{d} = 23,33 \cdot \sqrt{0,57} = 17,61 A$$

$$P_M = R_{DSon} \cdot I_{DSef}^2 = 0,05 \cdot 6,66^2 = 2,22 W$$

$$P_M = R_{DSon} \cdot I_{DSef}^2 = 0,05 \cdot 17,61^2 = 15,51 W$$

$$R_L = L \cdot 500 = 562,5 \cdot 10^{-6} \cdot 500 = 0,28 \Omega$$

$$R_L = L \cdot 500 = 732,87 \cdot 10^{-6} \cdot 500 = 0,366 \Omega$$

$$P_L = R_L \cdot I_{Lef}^2 = R_L \cdot \bar{i}_L^2 = 0,28 \cdot 13,33^2 = 49,75 W$$

$$P_L = R_L \cdot I_{Lef}^2 = R_L \cdot \bar{i}_L^2 = 0,366 \cdot 23,33^2 = 199,2 W$$

Las pérdidas son menores para el convertidor elevador, por lo que desde ese punto de vista sería mejor opción.

Apartado 5

La inductancia puede calcularse aplicando la siguiente expresión:

$$L = \frac{V_g \cdot d \cdot T}{\Delta I_L} = \frac{V_o \cdot (1-d) \cdot T}{\Delta I_L}$$

En el modo de conducción crítico (límite del modo de conducción continuo) se cumple:

$$I_{min} = \bar{i}_L - \frac{\Delta I_L}{2} = 0$$

Por tanto:

$$\Delta I_L = 2 \cdot \bar{i}_L = 2 \cdot 13,33 = 26,66 \text{ A}$$

La inductancia más pequeña que se puede utilizar y asegurar el modo de conducción continuo en todas las condiciones de la tensión de entrada, corresponde a la mayor tensión de entrada, y por tanto al menor ciclo de trabajo. Por tanto:

$$L = \frac{V_o \cdot (1 - d_{min}) \cdot T}{\Delta I_L} = \frac{400 \cdot (1 - 0,125) \cdot \frac{1}{50 \cdot 10^3}}{\Delta I_L} = 262,56 \mu\text{H}$$

Apartado 6

Durante el tiempo $d \cdot T$, la corriente por el condensador de salida es igual a I_o . La capacidad de salida que asegura el rizado de tensión igual al 2% en todas las condiciones de la tensión de entrada, corresponde a la mayor tensión de entrada, y por tanto al menor ciclo de trabajo. Puede calcularse como:

$$C = \frac{I_o \cdot d_{min} \cdot T}{\Delta V_o} = \frac{10 \cdot 0,533 \cdot \frac{1}{50 \cdot 10^3}}{0,02 \cdot 400} = 13,325 \mu\text{F}$$