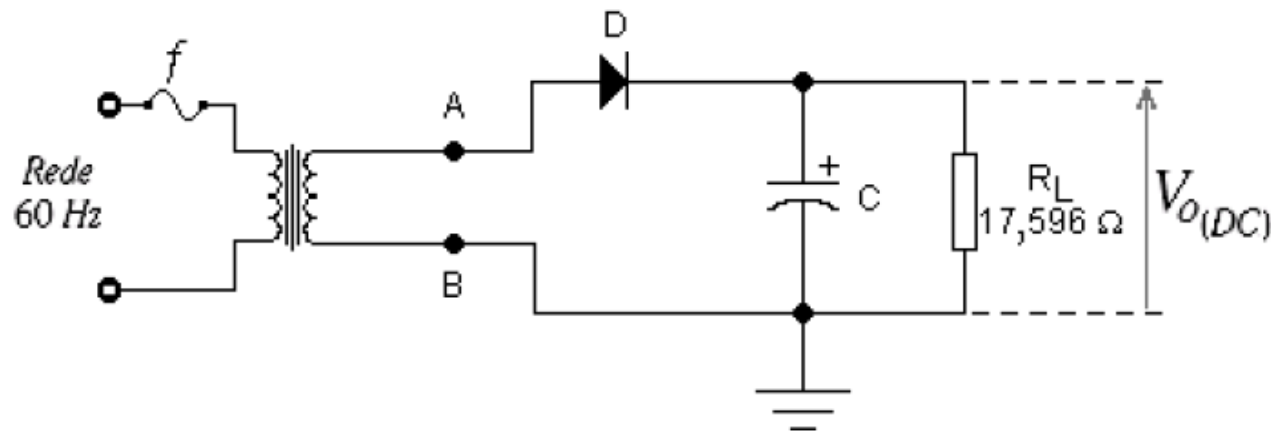


Exercício 4

Usando o trafo do exercício 3 ($R_s = 0,54\Omega$, $V_{ef} = 12V$) e os gráficos de Schade, calcular o valor do capacitor de filtro C para que o *ripple* seja $r = (7\pm 1)\%$, com $R_L = 17,596\Omega$ em um retificador de meia-onda, conforme figura abaixo. Calcular também:

- A tensão de saída da fonte com carga máxima, $\overline{V_{o(DC)}}$.
- A corrente média no diodo com carga máxima, $\overline{I_D}$.
- A corrente de pico repetitivo no diodo com carga máxima, I_M .
- A corrente de surto inicial no diodo, I_{surge} .
- A corrente no fusível com carga máxima, I_f .
- A tensão de ruptura reversa mínima do diodo, B_V .
- As tensões, máxima e mínima, de saída da fonte, $V_{o(max)}$ e $V_{o(min)}$.

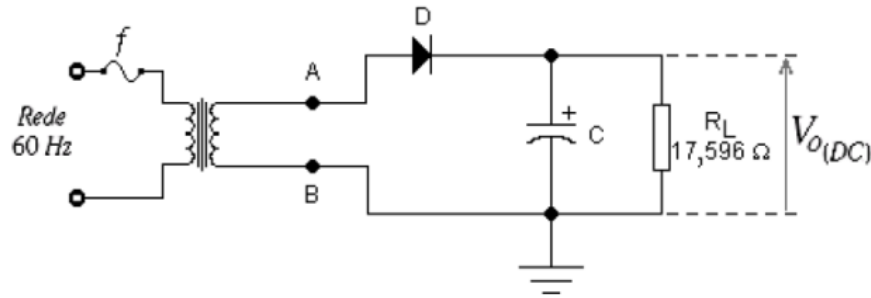


a.) A tensão de saída da fonte com carga máxima, $\overline{V_{o(DC)}}$.

1

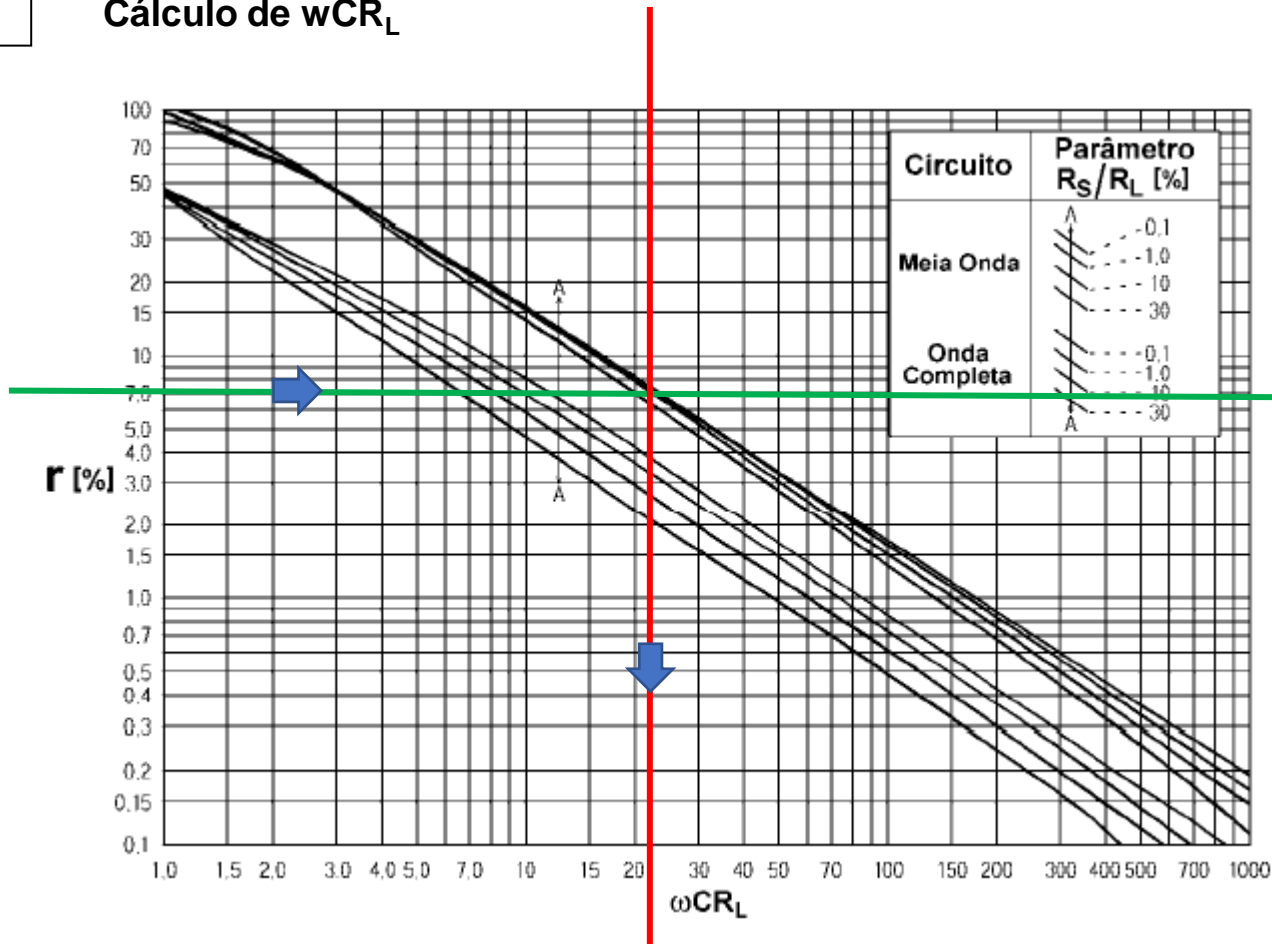
Cálculo de R_s / R_L (%)

$$\frac{R_s}{R_L} \times 100 = \frac{0,54}{17,596} \times 100 = 3 \quad [\%]$$



2

Cálculo de ωCR_L



$r = 7 \% e R_s/R_L = 3 \% :$



$$[\omega CR_L] = 22$$

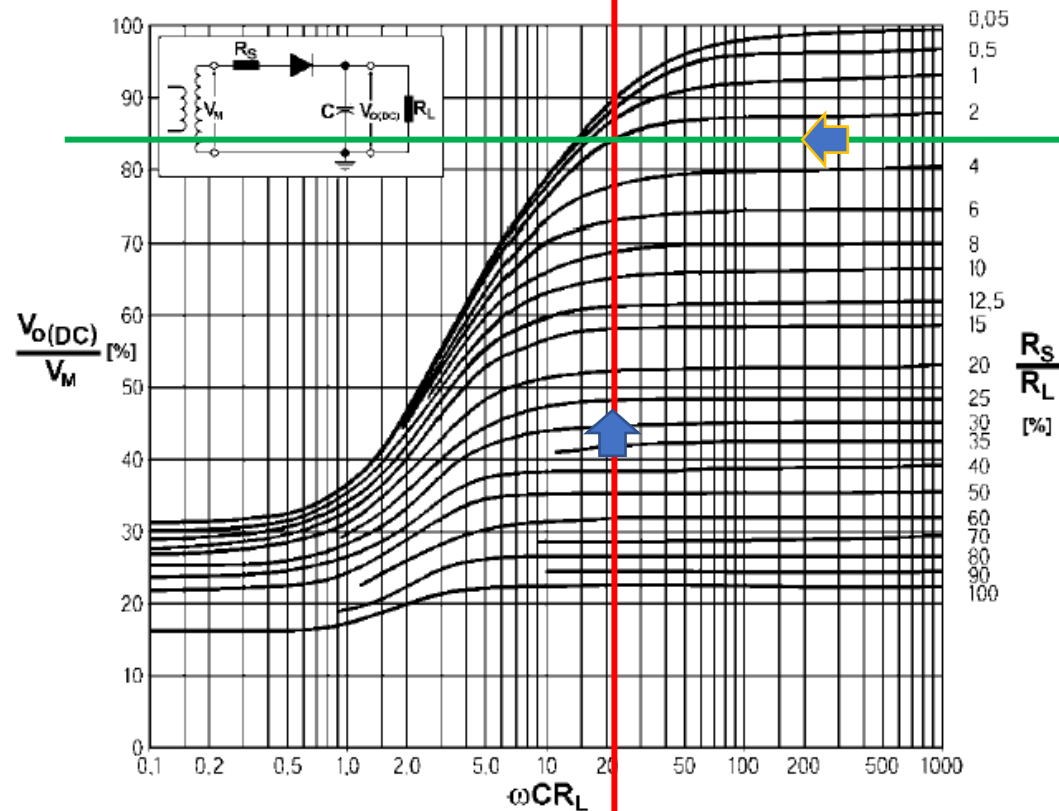
3

Cálculo da Capacitância (C)

$$C = \frac{[\omega CR_L]}{2\pi f \times \left(\frac{V_{o(DC)}}{I_o}\right)} \quad [\text{F}]$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{V_{o(DC)}}{I_o} = R_L \\ C \approx \frac{22}{120\pi 17,596} = 0,003316 \approx 3300 \mu\text{F} \end{array} \right.$$

4

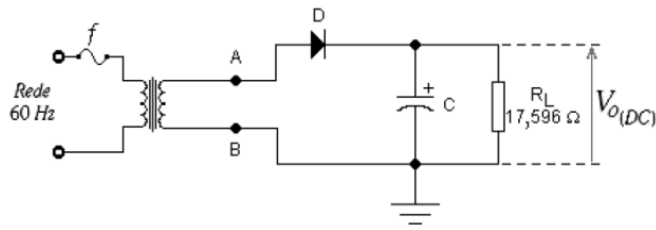


$$R_s/R_L = 3 \% \text{ e } [\omega CR_L] \cong 22$$

$$V_{o(DC)}/V_M \cong 81 \%$$

Para se obter um valor mais preciso de $V_{o(DC)}/V_M$ usar a escala logarítmica !

$$V_{o(DC)} = 0,81 \times 12 \times \sqrt{2} - 1 = 12,75 \quad [\text{V}] \quad (\text{computando-se a perda no diodo !})$$



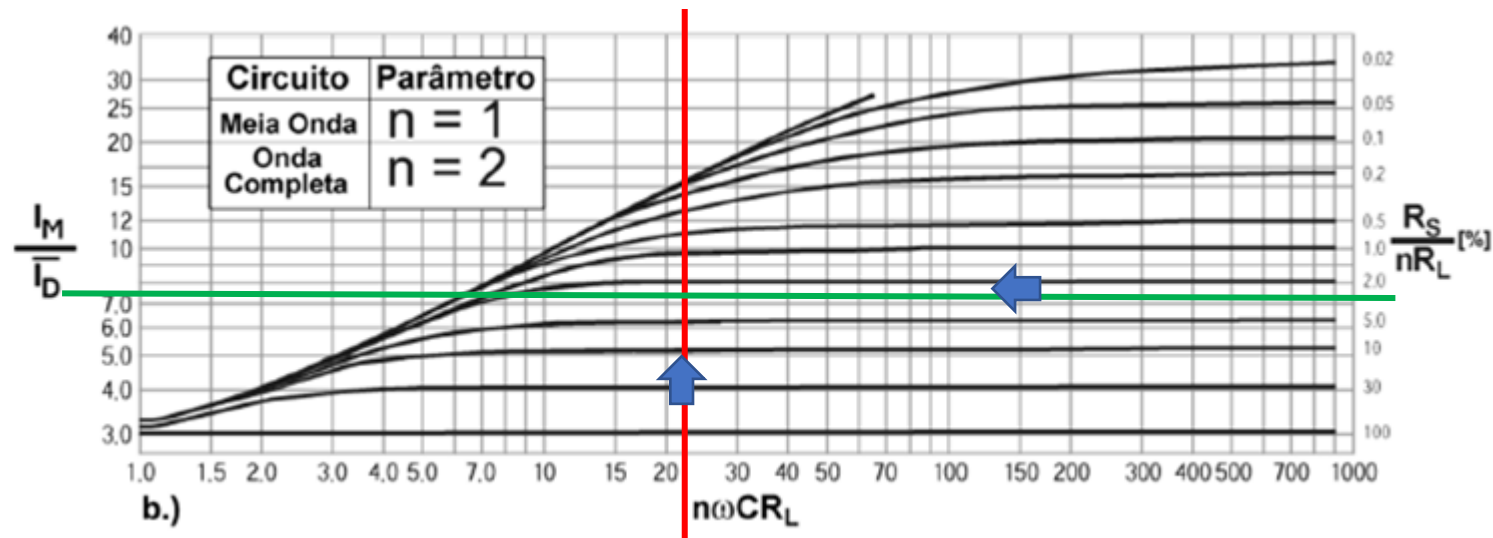
5

b.) A corrente média no diodo com carga máxima, \overline{I}_D

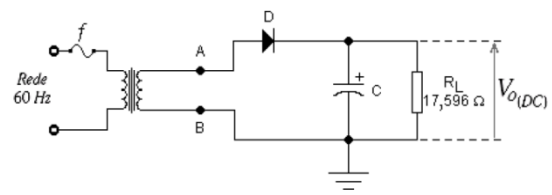
$$\overline{I}_D = \frac{V_o}{R_L} \longrightarrow \overline{I}_D = \frac{12,75}{17,596} = 0,7246 \text{ [A]}$$

6

c.) A corrente de pico repetitivo no diodo com carga máxima, I_M



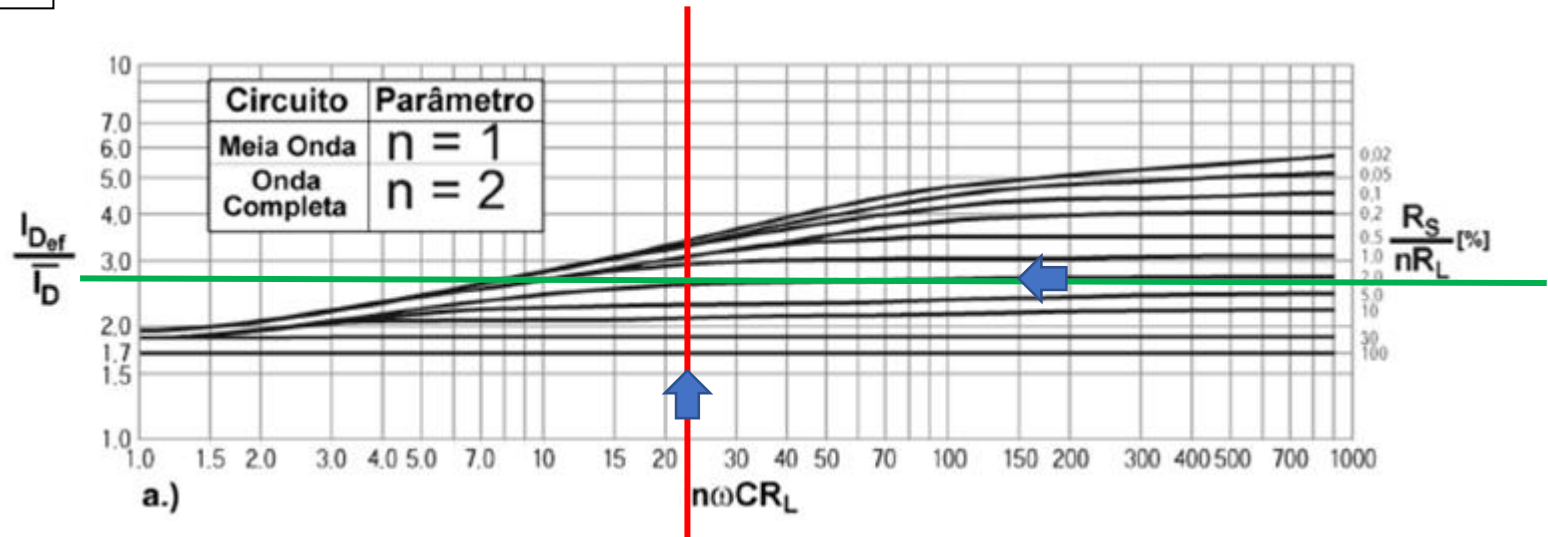
$$R_s/nR_L = 3 \% \text{ e } [n\omega CR_L] \cong 22 \longrightarrow I_M \cong 7,5 \times \overline{I}_D = 7,5 \times 0,7246 = 5,43 \text{ [A]}$$



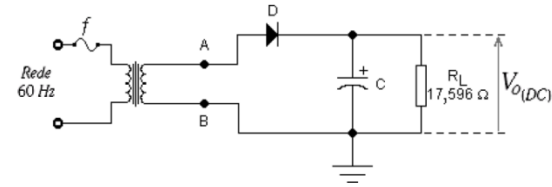
7 d.) A corrente de surto inicial no diodo, I_{surge}

$$I_{surge} = \frac{V_m}{R_S} \longrightarrow I_{surge} = \frac{12 \times \sqrt{2}}{0,54} = 31,4 \text{ [A]}$$

8 e.) A corrente no fusível com carga máxima, I_f



$$R_S/nR_L = 3 \% \text{ e } [n\omega CR_L] \cong 22 \longrightarrow I_{Def} \cong 2,5 \times \overline{I_D} = 2,5 \times 0,7246 = 1,8 \text{ [A]}$$



9

A corrente eficaz no secundário do trafo vale, portanto, $1,8 \text{ A}$. A corrente no primário é igual a do fusível:

$$I_{prim} \approx \frac{12}{127} \times I_{sec} = \frac{12}{127} \times 1,8 = 0,17 = I_f \quad [\text{A}]$$

10

f.) A tensão de ruptura reversa mínima do diodo, B_V

$$B_V > 2V_M = 2 \times 12 \times \sqrt{2} = 34 \quad [\text{V}]$$

Pode-se usar, nesse caso, um diodo do tipo *1N4001* que suporta corrente direta média máxima de 1 A e tensão reversa máxima de 50 V .

g.) As tensões, máxima e mínima, de saída da fonte, $V_{o(max)}$ e $V_{o(min)}$.

A máxima tensão de saída ocorre com a fonte em vazio, isto é, com $R_L = \infty$. Nesse caso, $V_{o(DC)} = V_{o(max)} = V_M$ e o *ripple* é desprezível, como ilustra abaixo. Portanto, tem-se que:

$$V_{o(max)} = 12 \times \sqrt{2} = 16,97 \text{ [V]}$$

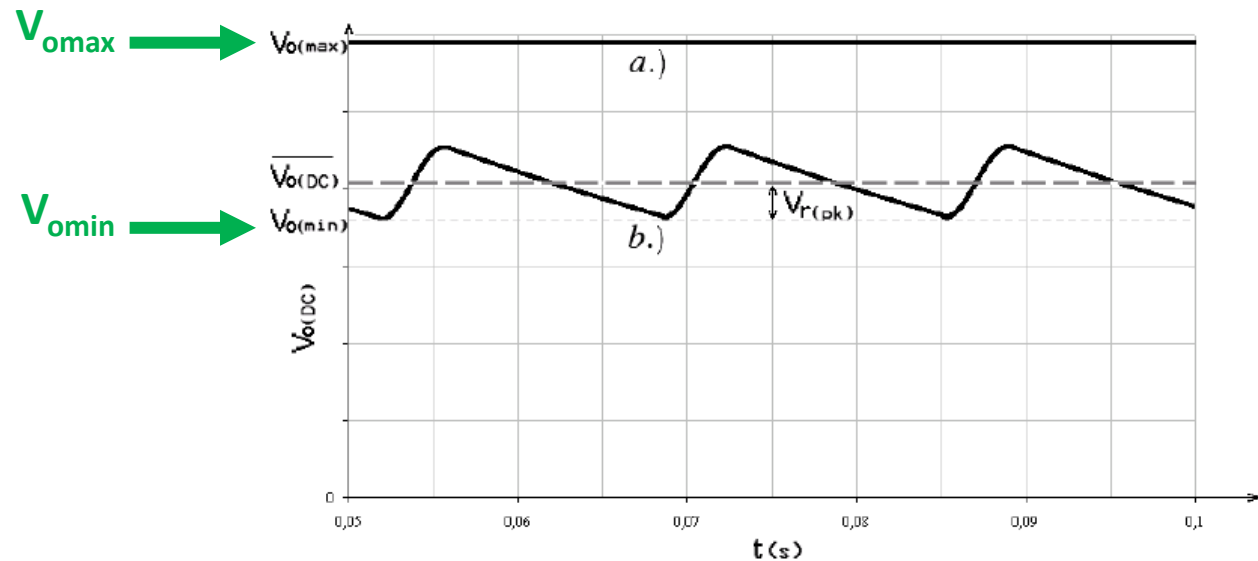
Com a carga nominal, $R_L = 17,596\Omega$, a tensão contínua de saída possui um valor médio igual a $12,75 \text{ V}$, como foi calculado no Item 4, e uma tensão ondulatória de 60 Hz (*ripple*) sobreposta. Nesse caso, a mínima tensão de saída, como mostra figura *abaixo* vale:

Como $r = 7\% \Rightarrow V_{r(ef)} = 0,07 \times 12,75 = 0,8925 \text{ V}_{ef}$. A tensão de pico do *ripple* vale, portanto, $V_{r(pk)} \approx V_{r(ef)} \times \sqrt{3} = 1,5459 \text{ V}$. Tem-se, portanto, que:

Para uma função dente de serra:

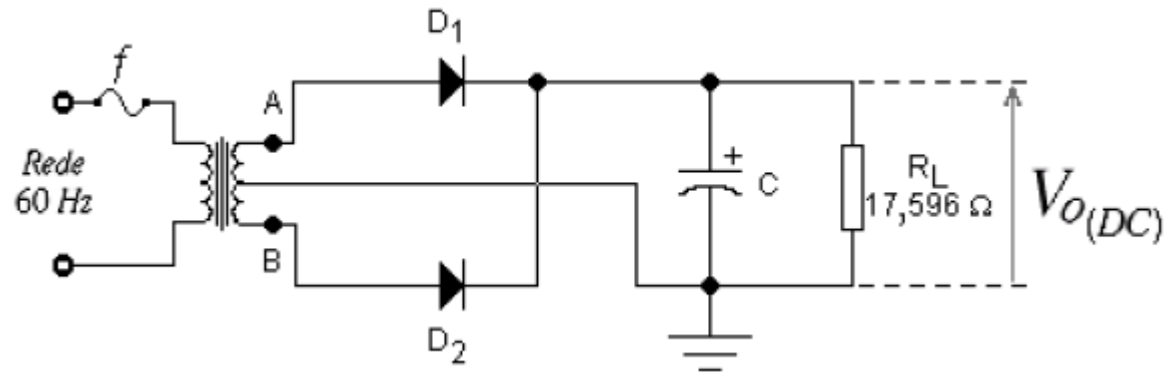
$$V_{rms} = \frac{V_{pico}}{\sqrt{3}}$$

$$V_{o(min)} = \overline{V_{o(DC)}} - V_{r(pk)} \rightarrow V_{o(min)} = 12,75 - 1,5459 = 11,2 \text{ [V]}$$



Exercício 5

Usando os mesmos componentes do Exercício 4, mas trocando-se o trafo por uma versão de “center tap”, como mostra abaixo, calcular:



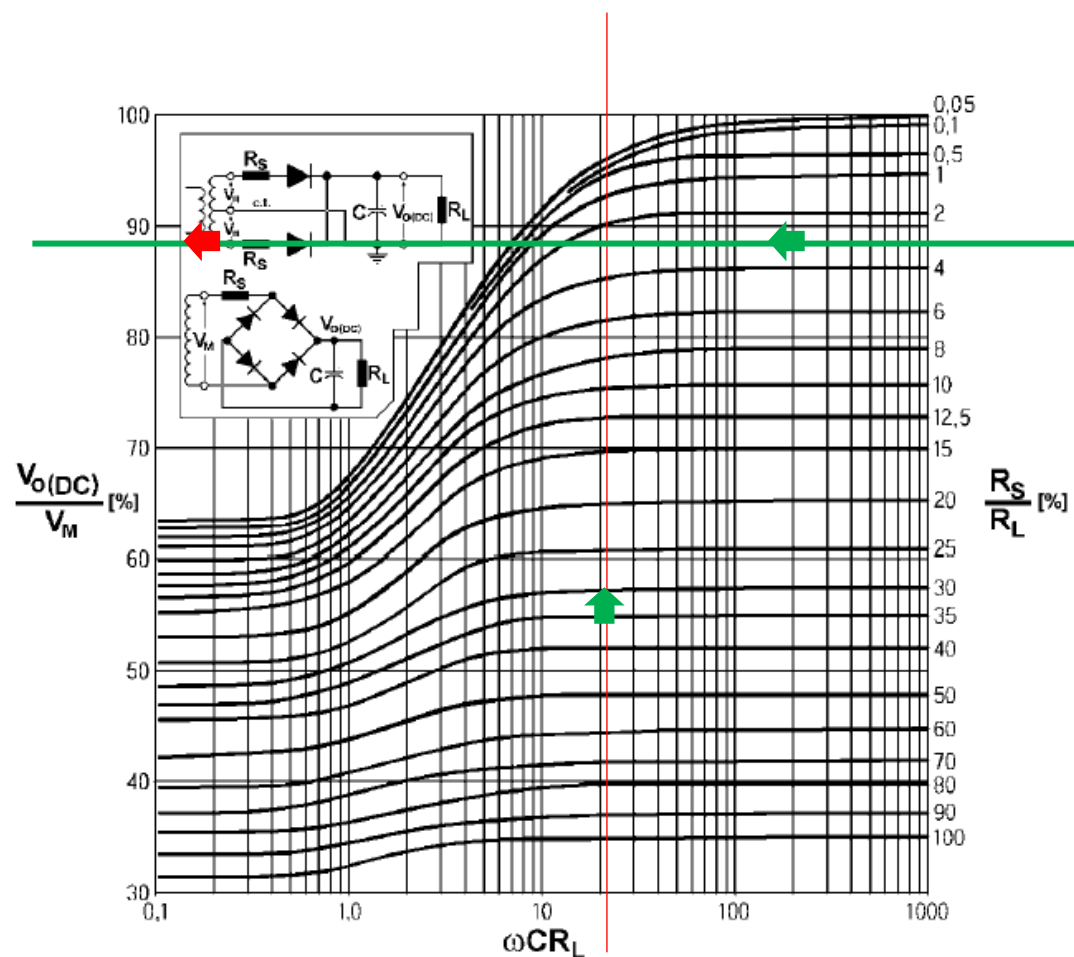
- A tensão de saída da fonte com carga máxima, $\overline{V_{o(DC)}}$.
- A corrente média no diodo com carga máxima, $\overline{I_D}$.
- A corrente de pico repetitivo no diodo com carga máxima, I_M .
- A corrente de surto inicial no diodo, I_{surge} .
- A corrente no fusível com carga máxima, I_f .
- A tensão de ruptura reversa mínima do diodo, B_V .
- O fator eficaz de *ripple* com carga máxima, r .
- As tensões, máxima e mínima, de saída da fonte, $V_{o(max)}$ e $V_{o(min)}$.

a

A tensão de saída da fonte com carga máxima, $\overline{V_{o(DC)}}$:

Utilizando o Gráfico de Schade de tensão de saída de onda-completa, com

$R_S/R_L = 3\%$ e $[\omega CR_L] \cong 22 \Rightarrow V_{o(DC)}/V_M \cong 87,5\%$



Computando-se as perdas no diodo:

A queda de tensão direta (V_γ) por diodo normalmente deve ser considerada. Em fontes de alta corrente deve-se estipular, por diodo, a seguinte queda de tensão direta:

$$V_\gamma = 1 \text{ V } (0,9 \leq V_\gamma \leq 1,2 \text{ V})$$

$$V_{o(DC)} = 0,875 \times 12 \times \sqrt{2} - 1 = 13,85 \text{ [V]}$$

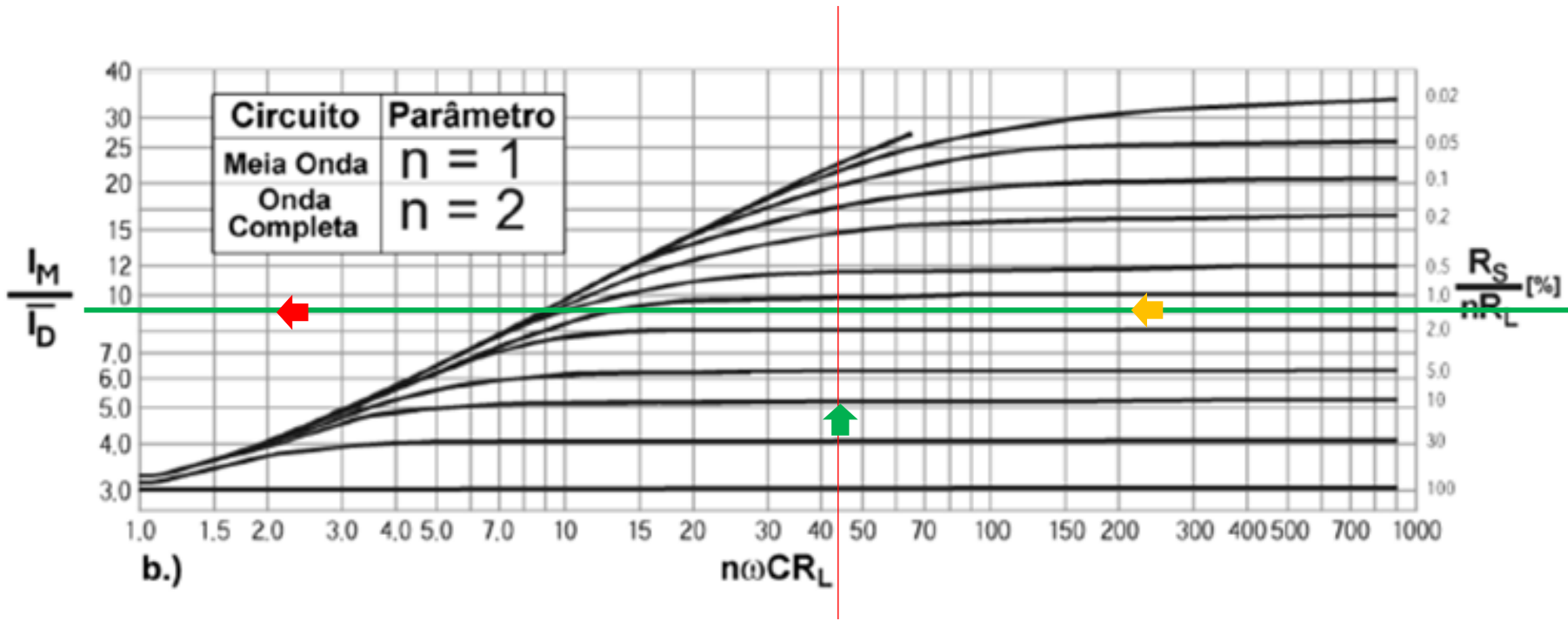
OBS:

- **Se o modelo linearizado do diodo é conhecido a queda de tensão no diodo, calculada no exercício 1, deve ser usada no cálculo de $V_{o(DC)}$ ao invés da tensão V_γ .**
- **Se o modelo linearizado do diodo não é conhecido a tensão V_γ deve ter valor no intervalo $0,9 \leq V_\gamma \leq 1,2 \text{ V}$.**

b) A corrente média no diodo com carga máxima, \bar{I}_D :

$$\bar{I}_O = \frac{V_{O(DC)}}{R_L} \rightarrow \bar{I}_o = \frac{13,85}{17,596} = 0,787 \text{ [A]} \rightarrow \bar{I}_D = \frac{\bar{I}_o}{2} = 0,3936 \text{ [A]}$$

c) A corrente de pico repetitivo no diodo com carga máxima, I_M .
 No Gráfico de Schade de corrente de pico, com $R_S/nR_L = 1,5\%$ e $[n\omega CR_L] \cong 44$, resulta:



$$\rightarrow I_M \cong 9 \times \bar{I}_D = 9 \times 0,3936 = 3,542 \text{ [A]}$$

d

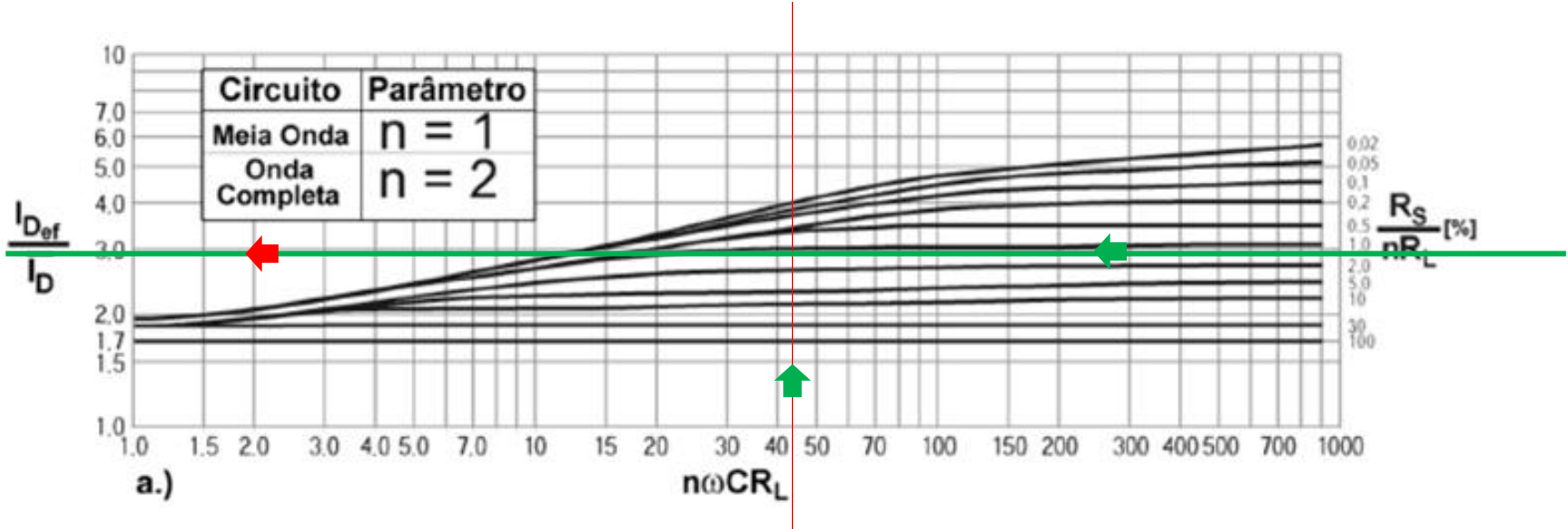
A corrente de surto inicial no diodo, I_{surge} :

$$I_{surge} = \frac{12 \times \sqrt{2}}{0,54} = 31,4 \text{ [A]}$$

e

A corrente no fusível com carga máxima, I_f :

No Gráfico de Schade de corrente eficaz, com $R_s/nR_L = 1,5 \%$ e $[n\omega CR_L] \cong 44$, resulta:



$$I_{Def} \cong 2,75 \times \overline{I_D} = 2,75 \times 0,3936 = 1,082 \text{ [A]}$$

$$I_{CT} = \sqrt{2} I_{Def} \longrightarrow \text{A corrente máxima no CT vale, portanto, 1,53 A.}$$

Considerando que:

$$\frac{N_1}{N_2} \cong \frac{V_{prim}}{V_{sec}}$$

$$I_{fusível} = \frac{N_2}{N_1} \times I_{ef(sec)} \quad [\text{A}] \quad \text{ou} \quad I_{fusível} = \frac{N_2}{N_1} \times I_{CT}$$

$$\longrightarrow I_{prim} \approx \frac{12}{127} \times I_{CT} = \frac{12}{127} \times 1,53 = 0,144 = I_f \quad [\text{A}]$$

Deve-se usar, portanto, um **fusível de 150 mA** para proteger a fonte.

f

A tensão de ruptura reversa mínima do diodo (B_V):

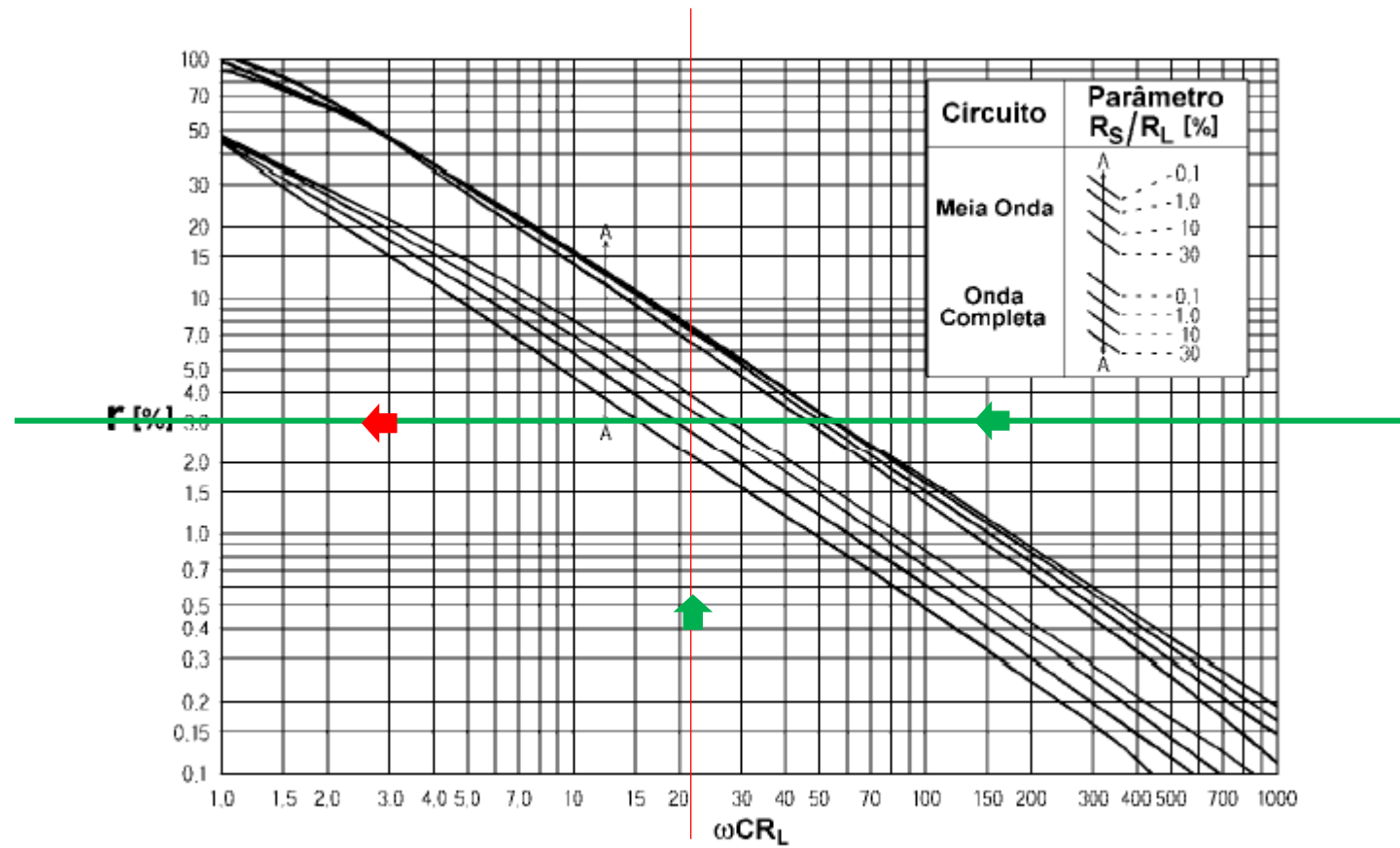
$$B_V \succ V_M = 2 \times 12 \times \sqrt{2} = 34 \quad [\text{V}]$$

Pode-se usar, nesse caso, um diodo do tipo 1N4001 que suporta corrente direta média máxima de 1 A e tensão reversa máxima de 50 V.

g

Cálculo do fator eficaz de ripple com carga máxima (r):

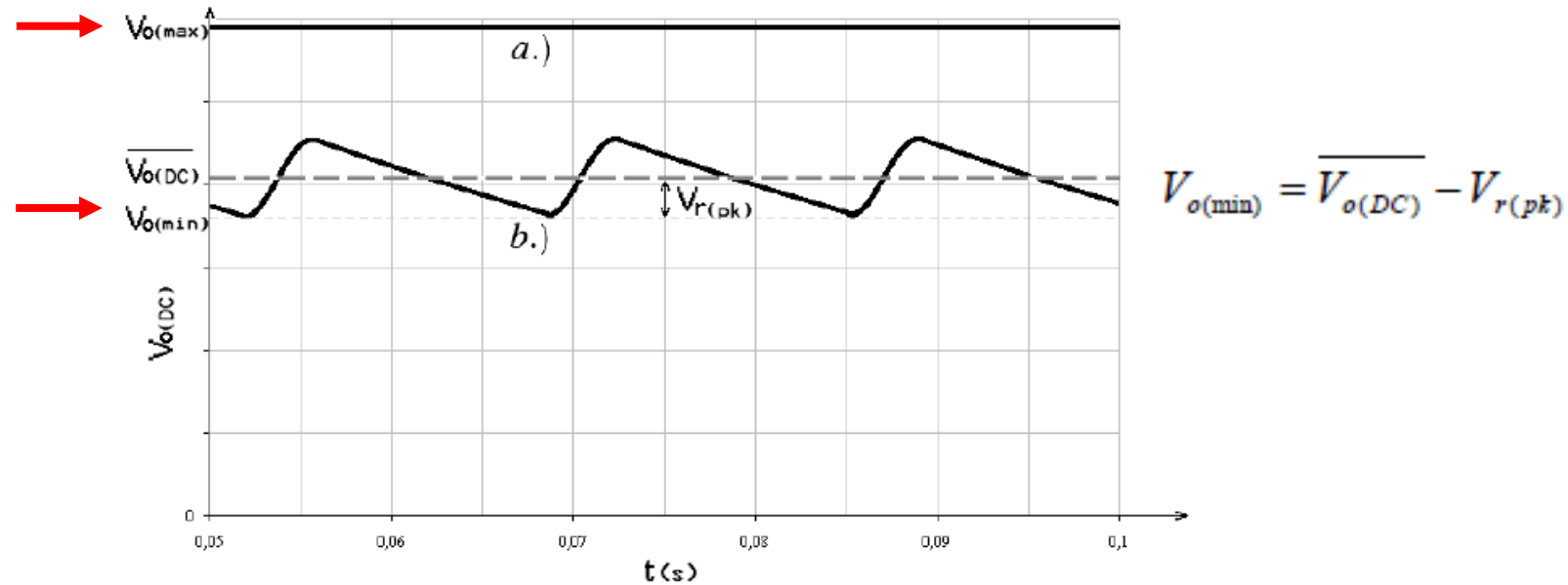
No Gráfico de Schade de ripple de onda-completa, com $R_S/R_L = 3\%$ e $[\omega CR_L] \cong 22$, resulta $r \cong 3\%$.



h

Cálculo das tensões máxima e mínima de saída da fonte ($V_{o(max)}$ e $V_{o(min)}$):

A máxima tensão de saída ocorre com a fonte em vazio, isto é, com $R_L \rightarrow \infty$.
Nesse caso, $V_{o(DC)} = V_{o(max)} = V_M$ e o ripple é desprezível, como ilustra a Figura



Portanto, tem-se que: $V_{o(max)} = 12 \times \sqrt{2} = 16,97 \text{ [V]}$

Com a carga nominal $R_L = 17,596\Omega$ a tensão contínua de saída possui um valor médio igual a 13,85 V, como calculado anteriormente, e uma tensão ondulatória de 120 Hz (ripple) sobreposta. Nesse caso, a mínima tensão de saída, como mostra a Figura, vale:

$$V_{o(\min)} = \overline{V_{o(DC)}} - V_{r(pk)}$$

Como $r=3\% \Rightarrow V_{r(ef)} = 0,03 \times 13,85 = 0,3855 \text{ V}_{ef}$. A tensão de pico do ripple vale, portanto, $V_{r(pk)} \approx V_{(ef)} \times \sqrt{3} = 0,6677\text{V}$. Tem-se, conseqüentemente, que:

$$V_{o(\min)} = 13,85 - 0,6677 = 13,18 \text{ [V]}$$

CONCLUSÃO: Com a adição de um trafo com center-tap a tensão de saída da fonte não é alterada e o ripple é reduzido de 7% para 3% (significativamente melhorado).

OBS: Em relação ao retificador em ponte a tensão de saída da fonte não será alterada e o ripple permanecerá igual.