

CONVERSOR DC-DC CUK

Parâmetros de entrada (painel fotovoltaico)



Tensão de máxima potência

$V_{mp} := 31.1 \text{ V}$

Tensão de circuito aberto

$V_{oc} := 38.1 \text{ V}$

Corrente de máxima potência

$I_{mp} := 8.37 \text{ A}$

Corrente de curto-circuito

$I_{oc} := 8.98 \text{ A}$

Potência máxima

$P_{mp} := V_{mp} \cdot I_{mp} = 260.307 \text{ W}$

Corrente do fusível do painel

$I_{fuse} := 15 \text{ A}$

Parâmetros de saída (banco de baterias)



Tensão nominal de uma bateria

$V_{cell} := 12 \text{ V}$

Tensão mínima de uma bateria

$V_{cell_cut_off} := 10.5 \text{ V}$

Tensão de plena carga de uma bateria

$V_{cell_charged} := 13.1 \text{ V}$

Tensão aplicada para carga rápida

$V_{cell_fast_charge} := 15.6 \text{ V}$

Número de baterias em série

$n_{serie} := 3$

Tensão mínima para o banco de baterias

$V_{bat_cut_off} := n_{serie} \cdot V_{cell_cut_off} = 31.5 \text{ V}$

Tensão de plena carga para o banco de baterias

$V_{bat_charged} := n_{serie} \cdot V_{cell_charged} = 39.3 \text{ V}$

Tensão aplicada para carga rápida para o banco de baterias

$V_{bat_fast_charge} := n_{serie} \cdot V_{cell_fast_charge} = 46.8 \text{ V}$

Parâmetros do conversor



Tensão de entrada

$V_i := V_{mp} = 31.1 \text{ V}$

Tensão na saída

$V_o := V_{bat_fast_charge} = 46.8 \text{ V}$

Frequência de chaveamento

$f := 100000 \text{ Hz}$

Tensão máxima na entrada em que o conversor deve atuar

$V_{i_max} := V_{oc} = 38.1 \text{ V}$

Tensão mínima na entrada em que o conversor deve atuar

$V_{i_min} := 2 \text{ V}$

%Ripple de corrente no indutor de entrada

$fator_de_sobrecarga := 1.15$

Potência de entrada

$P_i := fator_de_sobrecarga \cdot P_{mp} = 299.353 \text{ W}$

Potência de saída

$P_o := P_i = 299.353 \text{ W}$

Resistor de carga nominal

$R_o := \frac{V_o^2}{P_o} = 7.3166$

++

RippleLi := 15

%Ripple de corrente no indutor de saída

RippleLo := 15

%Ripple de tensão no capacitor de acoplamento

RippleC := 25

%Ripple de tensão no capacitor de saída

RippleCo := 5

Resultados

Ciclo de trabalho nominal

$$D := \frac{V_o}{V_o + V_i} = 0.6008$$

Ciclo de trabalho mínimo

$$D_{\min} := \frac{V_o}{V_o + V_{i_{\max}}} = 0.5512$$

Ciclo de trabalho máximo

$$D_{\max} := \frac{V_o}{V_o + V_{i_{\min}}} = 0.959$$

Cálculos para Indutor de Entrada

Corrente média no Indutor de Entrada

$$ILi_med := \frac{(D \cdot Po)}{Vo \cdot (1 - D)} = 9.6255 \text{ A}$$

Ondulação da corrente no Indutor de Entrada

$$ILi := \frac{(ILi_med \cdot RippleLi)}{100} = 1.4438 \text{ A}$$

Corrente eficaz no Indutor de Entrada

$$ILi_rms := \sqrt{ILi_med^2 + \frac{ILi^2}{12}} = 9.6165 \text{ A}$$

Corrente máxima no Indutor de Entrada

$$ILi_max := \frac{(D \cdot Po)}{Vo \cdot (1 - D)} \cdot \left(1 + \frac{RippleLi}{200}\right) = 10.3474 \text{ A}$$

Indutância de Entrada

$$Li := \frac{Vo \cdot (1 - D_min)}{f \cdot ILi} = 145.4617 \text{ H}$$

Cálculos para Indutor de Saída

Corrente média no Indutor de Saída

$$I_{Lo_med} := \frac{P_o}{V_o} = 6.3964 \text{ A}$$

Ondulação da corrente no Indutor de Saída

$$I_{Lo} := \frac{(I_{Lo_med} \cdot \text{RippleLo})}{100} = 0.9595 \text{ A}$$

Corrente eficaz no Indutor de Saída

$$I_{Lo_rms} := \sqrt{I_{Lo_med}^2 - \frac{I_{Lo}^2}{12}} = 6.3904 \text{ A}$$

Corrente máxima no Indutor de Saída

$$I_{Lo_max} := \frac{P_o}{V_o} \cdot \left(1 + \frac{\text{RippleLo}}{200}\right) = 6.8762 \text{ A}$$

Indutância de Saída

$$L_o := \frac{D \cdot V_i}{f \cdot I_{Lo}} = 194.7331 \text{ H}$$

Cálculos para Capacitor de Acoplamento

Tensão média no Capacitor de Acoplamento

$$V_{C_med} := \frac{V_o}{D} = 77.9 \text{ V}$$

Tensão máxima no Capacitor de Acoplamento

$$V_{C_max} := V_{C_med} \cdot \left(1 + \frac{\text{RippleC}}{200}\right) = 87.6375 \text{ V}$$

Corrente eficaz no Capacitor de Acoplamento

$$I_{C_rms} := I_{oc} \cdot \sqrt{\frac{1-D}{D}} = 7.3204 \text{ A}$$

Ondulação da tensão no Capacitor de Acoplamento

$$V_C := \frac{(V_{C_med} \cdot \text{RippleC})}{100} = 19.475 \text{ V}$$

Resistência Série Equivalente máxima do Capacitor de Acoplamento

$$C_{esr_max} := \frac{V_C}{I_{Li}} = 13.4885 \text{ } \rightarrow \text{Acho que isso está errado, essa resistência está muito alta.}$$

Capacitância de Acoplamento

$$C := \frac{I_{Li_med} \cdot (1-D)}{f \cdot V_C} = 1.9732 \text{ F}$$

Cálculos para Capacitor de Saída

Tensão média no Capacitor de Saída

$$V_{Co_med} := V_o = 46.8 \text{ V}$$

Tensão máxima no Capacitor de Saída

$$V_{Co_max} := V_{Co_med} \cdot \left(1 + \frac{\text{RippleCo}}{200}\right) = 47.97 \text{ V}$$

Corrente eficaz no Capacitor de Saída

$$I_{Co_rms} := \frac{I_{Lo}}{2 \cdot \sqrt{3}} = 0.277 \text{ A}$$

Ondulação da tensão no Capacitor de Saída

$$V_{Co} := \frac{(V_{Co_med} \cdot \text{RippleCo})}{100} = 2.34 \text{ V}$$

Resistência Série Equivalente máxima do Capacitor de Saída

$$C_{o_esr_max} := \frac{V_{Co}}{I_{Lo}} = 2.4389$$

Capacitância de Saída mínima

(Equação alternativa)

$$C_o := \frac{(D \cdot V_i)}{8 \cdot f^2 \cdot L_o \cdot V_{Co}} = 0.5125 \text{ F} \quad C_{o_min} := \frac{I_{Lo}}{8 \cdot f \cdot V_{Co}} = 0.5125 \text{ F}$$

Corrente máxima na Chave

$$I_{s_max} := I_{Li_max} + I_{Lo_max} = 17.2236 \text{ A}$$

Tensão máxima na chave

$$V_{s_max} := V_{C_max} = 87.6375 \text{ V}$$

Corrente eficaz na Chave

$$I_{s_rms} := \frac{P_o}{V_o \cdot (1-D)} \cdot \sqrt{1-D} = 10.1234 \text{ A}$$

Corrente média na Chave

$$I_{s_med} := \frac{(I_{Li_max} + I_{Lo_max})}{2} = 8.6118 \text{ A}$$

MOSFET -> IRFP4321PBF -> <https://www.infineon.com/dgdl/irfp4321pbf.pdf?fileId=5546d462533600a40153562c4f802011>

$$r_{ds_on} := 2 \cdot 15.5 \text{ m} = 31 \text{ m} \quad t_{sr} := 60 \text{ ns} \quad t_{sf} := 35 \text{ ns}$$

Perda por condução na chave

$$P_{s_cond} := r_{ds_on} \cdot I_{s_rms}^2 \cdot D = 1.9086 \text{ W}$$

Perda por comutação na chave

$$P_{s_com} := I_{s_max} \cdot V_{s_max} \cdot \frac{f \cdot (t_{sr} + t_{sf})}{2} = 7.1698 \text{ W}$$

Perda total na chave

$$P_s := P_{s_com} + P_{s_cond} = 9.0784 \text{ W}$$

Percentual de potência perdida na chave

$$\frac{P_s}{P_o} = 3.0327 \%$$

Cálculos para o Diodo

Corrente máxima no Diodo

$$I_{D_max} := I_{Li_max} + I_{Lo_max} = 17.2236 \text{ A}$$

Tensão máxima na chave

$$V_{D_max} := V_{C_max} = 87.6375 \text{ V}$$

Corrente eficaz na Diodo

$$I_{D_rms} := \frac{P_o}{V_o \cdot (1-D)} \cdot \sqrt{D} = 12.4185 \text{ A}$$

Corrente média no Diodo

$$I_{D_med} := \frac{(I_{Li_max} + I_{Lo_max})}{2} = 8.6118 \text{ A}$$

DIODO 1 -> 60EPU06PBF -> <https://www.vishay.com/docs/94023/vs-60epu06p.pdf>

$$V_{to1} := 0.6 \text{ V}$$

$$r_{T1} := \frac{V_{to1}}{I_{D_med}} = 0.0697$$

$$Q_{rr1} := 400 \text{ nC}$$

Perda por condução no Diodo

$$P_{D1_cond} := V_{to1} \cdot I_{D_med} + r_{T1} \cdot I_{D_rms}^2 = 15.9118 \text{ W}$$

Perda por comutação no Diodo

$$P_{D1_com} := Q_{rr1} \cdot V_{D_max} \cdot f = 3.5055 \text{ W}$$

Perda total no Diodo

$$P_{D1} := P_{D1_com} + P_{D1_cond} = 19.4173 \text{ W}$$

Percentual de potência perdida na chave

$$\frac{P_{D1}}{P_o} = 6.4864 \%$$

DIODO 2 -> V80100-P -> <http://www.mouser.com/catalog/specsheets/v80100p.pdf>

$$V_{to2} := 0.425 \text{ V}$$

$$r_{T2} := \frac{V_{to2}}{I_{D_med}} = 0.0494$$

$$I_{rr2} := 45 \text{ mA}$$

$$V_{rr2} := 100 \text{ V}$$

$$t_{rr2} := \blacksquare$$

Perda por condução no Diodo

$$P_{D2_cond} := V_{to2} \cdot I_{D_med} + r_{T2} \cdot I_{D_rms}^2 = 11.2799 \text{ W}$$

Perda por comutação no Diodo

$$P_{D2_com} := V_{rr2} \cdot t_{rr2} \cdot \left(\frac{I_{rr2}}{2} + I_{D_med} \right) \cdot f = \blacksquare$$

Perda total no Diodo

$$PD2 := PD2_com + PD2_cond = \blacksquare$$

Percentual de potência perdida na chave

$$\frac{PD2}{Po} = \blacksquare \%$$