

2KW解耦电容设计

作者: tony. su

mail:suyhgl@163.com; weixin:13482390182

逆变电路输入输出参数

$V_{bus_min} := 360V$	最小BUS电压
$V_{bus_nor} := 380V$	额定BUS电压
$V_{bus_max} := 400V$	最大BUS电压
$V_{grid_min} := 190V$	电网最小电压, 电网波动-15%
$V_{grid_nor} := 220V$	电网额定电压
$V_{grid_max} := 260V$	电网最大电压, 电网波动+15%
$f_{grid} := 50Hz$	电网频率
$t_{grid} := \frac{1}{f_{grid}}$	电网周期
$\omega_{grid} := 2\pi f_{grid}$	电网角频率
$P_{out} := 2000W$	输出功率
$\eta := 0.96$	效率
$P_{in} := \frac{P_{out}}{\eta}$	输入功率
$f_{sw} := 20 \cdot kHz$	开关频率
$t_{sw} := \frac{1}{f_{sw}} = 50 \cdot \mu s$	开关周期
$\omega_{sw} := 2\pi f_{sw}$	开关角频率
$j := \sqrt{-1}$	
$I_{out_nor} := \frac{P_{out}}{V_{grid_nor}} = 9.091 A$	额定输出电流

$$I_{out_max} := \frac{P_{out}}{V_{grid_min}} = 10.526 \text{ A}$$

最大输出电流

$$I_{in_nor} := \frac{P_{out}}{\eta \cdot V_{bus_nor}} = 5.482 \text{ A}$$

额定输入电流有效值

$$I_{out_max}(t) := \sqrt{2} \cdot I_{out_max} \cdot \sin(\omega_{grid} \cdot t)$$

最大交流输出电流

$$V_{ac_min}(t) := V_{grid_min} \cdot \sqrt{2} \cdot \sin(\omega_{grid} \cdot t)$$

最小交流输出电压

$$I_{out_nor}(t) := \sqrt{2} \cdot I_{out_nor} \cdot \sin(\omega_{grid} \cdot t)$$

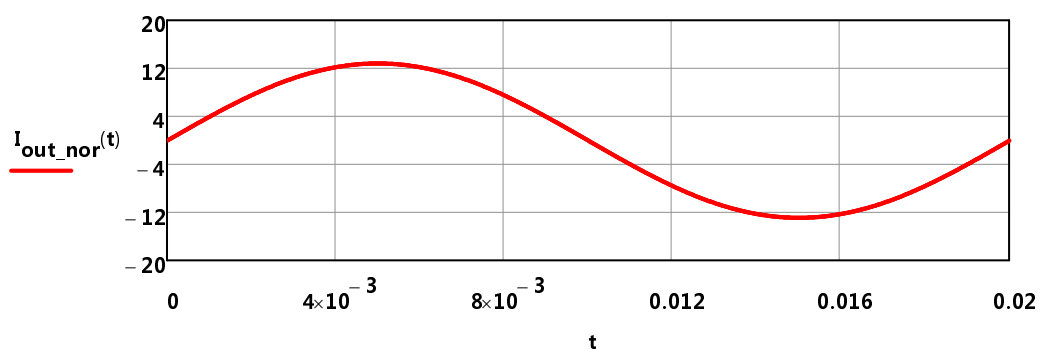
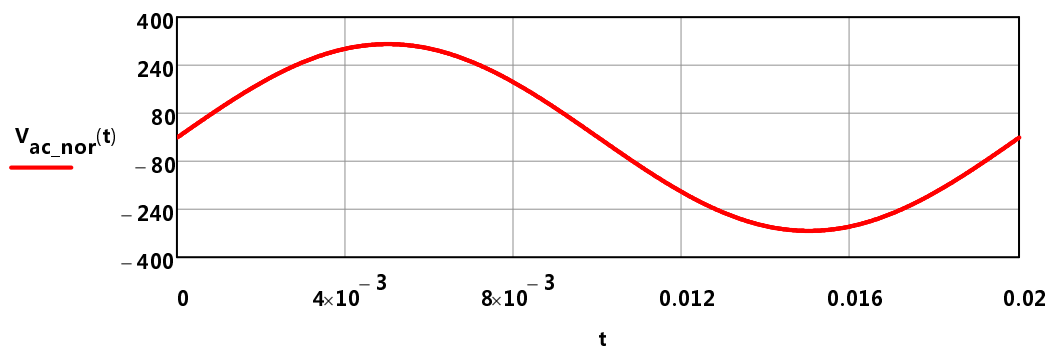
额定交流输出电流

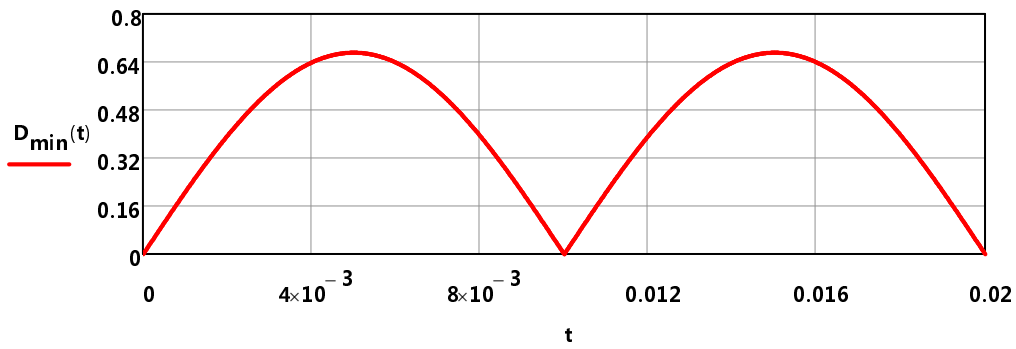
$$V_{ac_nor}(t) := V_{grid_nor} \cdot \sqrt{2} \cdot \sin(\omega_{grid} \cdot t)$$

额定交流输出电压

$$D_{min}(t) := \frac{|V_{ac_min}(t)|}{V_{bus_max}}$$

最大占空比函数





逆变电感的设计时已经计算出逆变电感量在此设计中直接使用

$L_{invnor} := 1300\mu\text{H}$

额定电网电压峰值电流时需要的最小感量

$L_{invmax} := 1400\mu\text{H}$

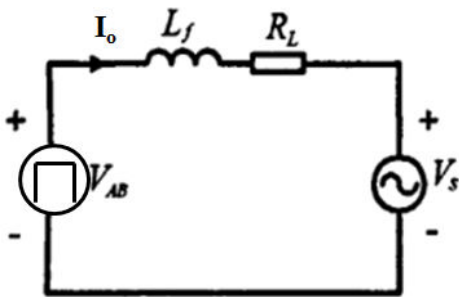
最大电网电压峰值电流时需要的最小感量

$L_{invmin} := 1200\mu\text{H}$

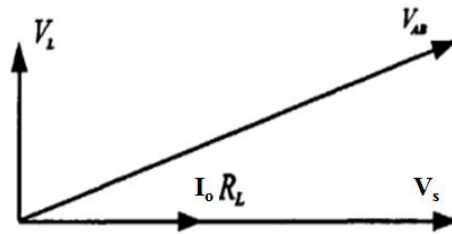
最小电网电压峰值电流时需要的最小感量

$k_{coefficient} := 0.25$

电流纹波系数



逆变侧等效电路图



逆变侧电压电流矢量图

$$v_{AB}(t) := \sqrt{\left(V_{grid_nor} \cdot \sqrt{2} \right)^2 + \frac{\omega_{grid}^2 \cdot L_{invnor}^2 \cdot P_{out}^2}{\left(V_{grid_nor} \cdot \sqrt{2} \right)^2}} \cdot \sin(\omega_{grid} \cdot t)$$

上式应该有个相位角 α ，此处计算没有考虑 $\sin(\omega_{grid}t + \alpha)$

理论计算BOOST电路的升压范围

$$V_{\text{loss}} := \frac{\frac{P_{\text{out}}}{\eta} \cdot (1 - \eta)}{I_{\text{out_nor}}} = 9.167 \text{ V}$$

线路损耗电压

$$V_{\text{busnor}} := \sqrt{\left(V_{\text{grid_nor}} \cdot \sqrt{2}\right)^2 + \frac{\omega_{\text{grid}}^2 \cdot L_{\text{invnor}}^2 \cdot P_{\text{out}}^2}{\left(V_{\text{grid_nor}} \cdot \sqrt{2}\right)^2}}$$

$$V_{\text{busnor}} = 311.138 \text{ V}$$

$$V_{\text{busnormin}} := V_{\text{busnor}} + V_{\text{loss}}$$

考虑线路损耗的压差

$$V_{\text{busnormin}} = 320.305 \text{ V}$$

需要的最小BUS电压

$$V_{\text{busmax}} := \sqrt{\left(V_{\text{grid_max}} \cdot \sqrt{2}\right)^2 + \frac{\omega_{\text{grid}}^2 \cdot L_{\text{invmax}}^2 \cdot P_{\text{out}}^2}{\left(V_{\text{grid_max}} \cdot \sqrt{2}\right)^2}}$$

$$V_{\text{busmax}} = 367.703 \text{ V}$$

$$V_{\text{busmaxmin}} := V_{\text{busmax}} + V_{\text{loss}}$$

考虑线路损耗的压差

$$V_{\text{busmaxmin}} = 376.87 \text{ V}$$

需要的最小BUS电压

$$V_{\text{busmin}} := \sqrt{\left(V_{\text{grid_min}} \cdot \sqrt{2}\right)^2 + \frac{\omega_{\text{grid}}^2 \cdot L_{\text{invmin}}^2 \cdot P_{\text{out}}^2}{\left(V_{\text{grid_min}} \cdot \sqrt{2}\right)^2}}$$

$$V_{\text{busmin}} = 268.715 \text{ V}$$

$$V_{\text{busminmin}} := V_{\text{busmin}} + V_{\text{loss}}$$

考虑线路损耗的压差

$$V_{\text{busminmin}} = 277.882 \text{ V}$$

需要的最小BUS电压

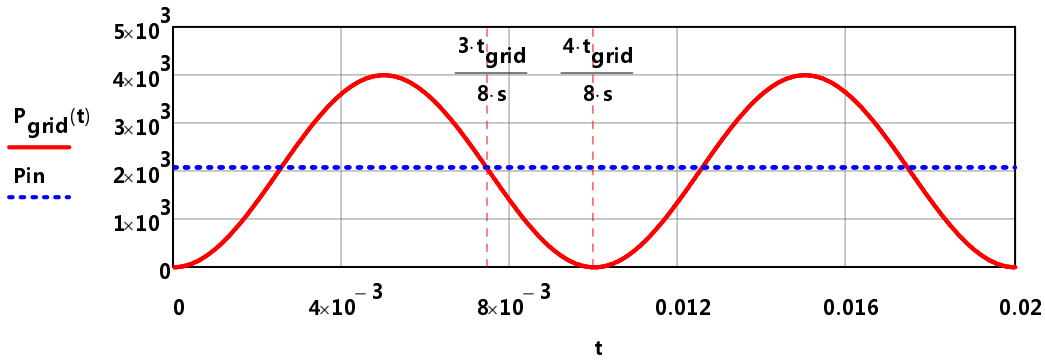
电网的瞬时功率

$$P_{\text{grid}}(t) = I_{\text{grid}}(t) \cdot V_{\text{grid}}(t) = I_{\text{gridpeak}} \cdot V_{\text{gridpeak}} \cdot \sin(\omega_{\text{grid}} \cdot t)^2$$

$$I_{\text{gridpeak}} \cdot V_{\text{gridpeak}} \cdot \sin(\omega_{\text{grid}} \cdot t)^2 = I_{\text{gridpeak}} \cdot V_{\text{gridpeak}} \cdot (1 + \sin(2\omega_{\text{grid}} \cdot t))$$

$$P_{\text{grid}}(t) := I_{\text{out_max}}(t) \cdot V_{\text{ac_min}}(t)$$

电网瞬时功率



对解耦进行说明：

$[0-1/8t_{grid}]$ 时刻，电池板的输入功率大于电网瞬时功率，在这个阶段DC/DC转换器提供逆变器所需要的功率，同时给解耦电容充电，到 $1/8t_{grid}$ 时刻充电电流减小为零，解耦电容的电压上升到最大值；

$[1/8t_{grid}-1/4t_{grid}]$ 时刻，电池板的输入功率小于电网瞬时功率，解耦电容放电提供能量与电池板一起给电网提供能量；

$[1/4t_{grid}-3/8t_{grid}]$ 时刻，电池板的输入功率仍小于电网瞬时功率，解耦电容放电提供能量与电池板一起给电网提供能量；到 $3/8t_{grid}$ 时刻解耦电容存储的能量释放完毕，电压降到最低；

$[3/8t_{grid}-1/2t_{grid}]$ 时刻，电池板的输入功率大于电网瞬时功率，在这个阶段DC/DC转换器提供逆变器所需要的功率，同时给解耦电容充电，到 $1/2t_{grid}$ 时刻充电电流减小为零，解耦电容的电压上升到最大值；

以后重复下一周期。

理论计算需要最小解耦电容

$$\Delta E_1 := \int_{\frac{3 \cdot t_{grid}}{8}}^{\frac{5 \cdot t_{grid}}{8}} (P_{in} - P_{grid}(t)) dt \quad [3/8t_{grid}-5/8t_{grid}] \text{时刻电容存储的能量}$$

$$\Delta E_1 = 6.783 J$$

解耦电容储能的另一个表达式

$$\Delta E_2 = \frac{1}{2} \cdot C_{bus} \cdot (V_{busmax}^2 - V_{busmin}^2) \quad \Delta E_1 = \Delta E_2 \quad (1)$$

$$\Delta E_1 = \int_{\frac{3 \cdot t_{grid}}{8}}^{\frac{5 \cdot t_{grid}}{8}} (P_{in} - P_{grid}(t)) dt \quad (2)$$

由 (1) 式得出

$$\Delta E_1 = \frac{P_{in}}{\omega_{grid}}$$

联立 (1) 式与 (2) 式得出

$$C_{bus} = \frac{P_{in}}{\omega_{grid} \cdot \Delta V_{bus} \cdot V_{bus}}$$

此设计中没有用到次表达式

$$k_{ccoefficient} := 0.1$$

电压纹波系数

$$V_{max} := V_{busminmin} + \frac{V_{busminmin} \cdot k_{ccoefficient}}{2}$$

BUS电压最大值

$$V_{min} := V_{busminmin} - \frac{V_{busminmin} \cdot k_{ccoefficient}}{2}$$

BUS电压最小值

$$C_{busmin} := \frac{2\Delta E_1}{V_{max}^2 - V_{min}^2}$$

计算需要的最小值解耦电容

$$C_{busmin} = 878.401 \cdot \mu F$$

解耦电容的纹波分析

$$\Delta i_{pkpk}(t) := \frac{V_{bus_max} - V_{ac_min}(t)}{L_{invmin}} \cdot D_{min}(t) \cdot t_{sw}$$

峰峰值电流纹波函数

$$I_{Linvmx}(t) := \left| \sqrt{2} \cdot I_{out_max} \cdot \sin(2\pi f_{grid} \cdot t) \right|$$

最低电网电压下INV电感电流的最大值

$$I_{L_peak}(t) := I_{Linvmx}(t) + \frac{\Delta i_{pkpk}(t)}{2}$$

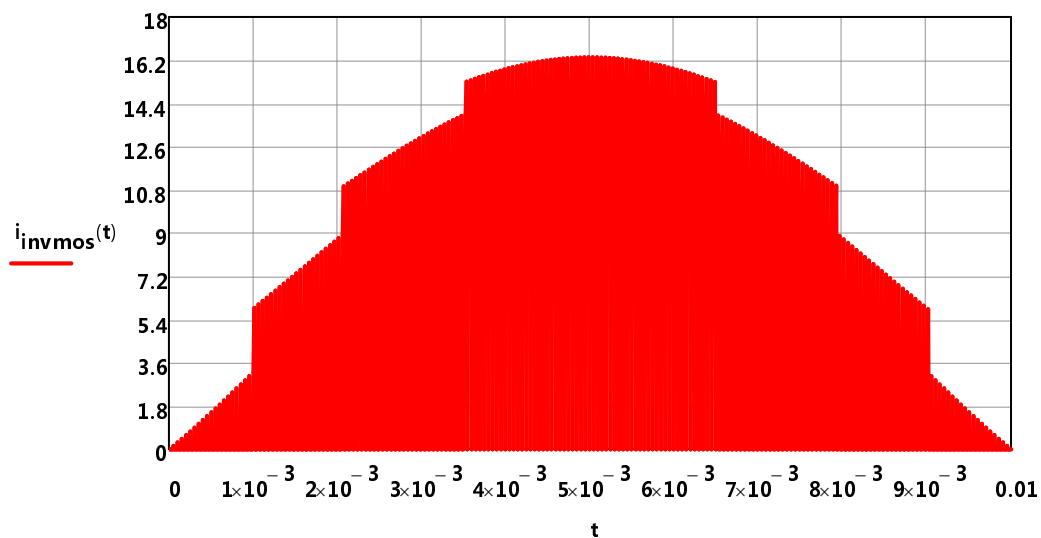
INV电感电流的峰值电流

$$I_{L_valley}(t) := I_{Linvmx}(t) - \frac{\Delta i_{pkpk}(t)}{2}$$

INV电感电流的谷值电流

绘制 $i_{L_{mos}}$ 电流波形

$$i_{invmos}(t) := \begin{cases} \tau \leftarrow \text{mod}(t, t_{sw}) \\ \tau \leftarrow \tau + t_{sw} \text{ if } \tau < 0 \\ I \leftarrow I_{L_valley}(t) + \Delta i_{pkpk}(t) \cdot \frac{\tau}{D_{min}(t) \cdot t_{sw}} \text{ if } 0 \leq \tau < D_{min}(t) \cdot t_{sw} \\ I \leftarrow 0 \text{ if } D_{min}(t) \cdot t_{sw} \leq \tau < t_{sw} \\ I \end{cases}$$



计算流过mos管的有效电流

$$i_{invmos_RMS} := \sqrt{\frac{\int_{0s}^{2f_{grid}} \left[I_{out_max}(t)^2 \cdot D_{min}(t) \cdot \left[1 + \left(\frac{\Delta i_{pkpk}(t)}{I_{out_max}(t)} \right)^2 \cdot \frac{1}{12} \right] dt}{\frac{1}{2f_{grid}}}}$$

$$i_{invmos_RMS} = 7.981 \text{ A}$$

流过mos管半个周期的有效值

$$i_{invmos_AVG} := \frac{\int_{0s}^{2f_{grid}} I_{out_max}(t) \cdot D_{min}(t) dt}{\frac{1}{2f_{grid}}}$$

$$i_{invmos_AVG} = 5 \text{ A}$$

流过mos管半个周期的平均值

离散化计算流过mos管的有效电流

$$NO := \frac{f_{sw}}{f_{grid}}$$

$$NO = 400$$

$$no := 0, 1 \dots \frac{NO}{2} - 1$$

$$V_{acn_min}(n) := V_{grid_min} \cdot \sqrt{2} \cdot \sin[\omega_{grid} \cdot (n+1) \cdot t_{sw}]$$

离散最小交流输出电压

$$I_{outn_max}(n) := \sqrt{2} \cdot I_{out_max} \cdot \sin[\omega_{grid} \cdot (n+1) \cdot t_{sw}]$$

离散最大交流输出电流

$$D_{minn}(n) := \frac{|V_{acn_min}(n)|}{V_{bus_max}}$$

离散最小占空比函数

$$\Delta i_{pkpkn}(n) := \frac{V_{bus_max} - V_{acn_min}(n)}{L_{invmin}} \cdot D_{minn}(n) \cdot t_{sw}$$

离散峰值电流纹波函数

$$I_{Linvmxn}(n) := \left| \sqrt{2} \cdot I_{out_max} \cdot \sin[\omega_{grid} \cdot (n+1) \cdot t_{sw}] \right|$$

$$I_{L_peakn}(n) := I_{Linvmxn}(n) + \frac{\Delta i_{pkpkn}(n)}{2}$$

离散INV电感电流的峰值电流

$$I_{L_valleyn}(n) := I_{Linvmxn}(n) - \frac{\Delta i_{pkpkn}(n)}{2}$$

离散INV电感电流的谷值电流

$$i_{invmosn_RMS} := \sqrt{\frac{1}{\frac{NO}{2}} \left[\sum_{no=0}^{\frac{NO}{2}-1} \left[I_{outn_max}(no)^2 \cdot D_{minn}(no) \cdot \left[1 + \left(\frac{\Delta i_{pkpkn}(no)}{I_{outn_max}(no)} \right)^2 \cdot \frac{1}{12} \right] \right] \right]}$$

$$i_{invmosn_RMS} = 7.981 \text{ A}$$

离散流过mos管半个周期的有效值

$$i_{invmosn_AVG} := \frac{1}{\frac{NO}{2}} \left[\sum_{no=0}^{\frac{NO}{2}-1} (I_{outn_max}(no) \cdot D_{minn}(no)) \right]$$

$$i_{invmosn_AVG} = 5 \text{ A}$$

离散流过mos管半个周期的平均值

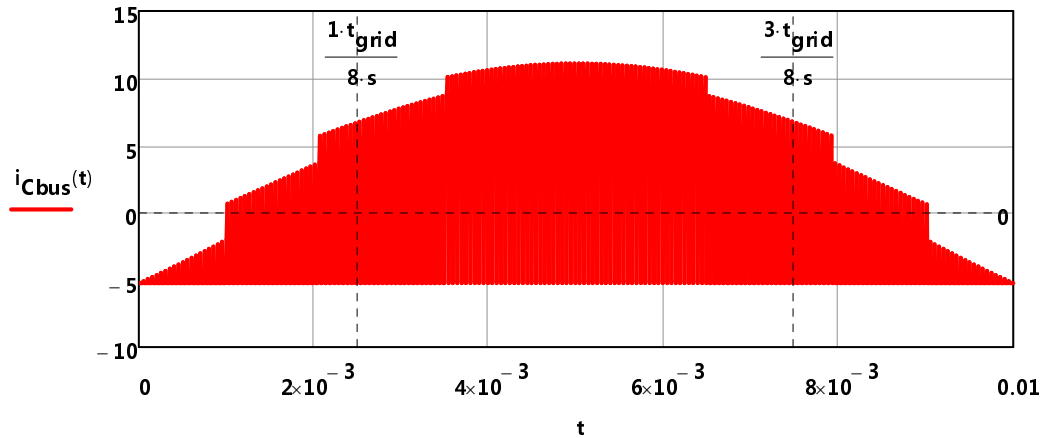
绘制 i_{Cbus} 电流波形

$$\bar{i}_{in_min} := \frac{P_{out}}{\eta \cdot V_{bus_max}} = 5.208 \text{ A}$$

输入电流最小值

$$i_{Cbus}(t) := i_{invmos}(t) - \bar{i}_{in_min}$$

流过电解电容的电流



$$i_{Cbus_RMS} := \sqrt{i_{invmos_RMS}^2 - i_{invmos_AVG}^2}$$

$$i_{Cbus_RMS} = 6.221 \text{ A}$$

流过电解电容总的含有高频分量有效值

$$i_{Cbus_RMS_L} := \frac{i_{invmosn_AVG}}{\sqrt{2}}$$

$$i_{Cbus_RMS_L} = 3.536 \text{ A}$$

流过电解电容工频分量有效值

$$i_{Cbus_RMS_H} := i_{invmosn_AVG} \cdot \sqrt{\frac{16}{3 \cdot \pi} \cdot \frac{V_{bus_max}}{V_{grid_min}} \cdot \sqrt{2} \cdot \eta} - 1.5$$

$$i_{Cbus_RMS_H} = 5.321 \text{ A}$$

流过电解电容高频分量有效值

$$i_{Cbus_RMS_Total} := \sqrt{i_{Cbus_RMS_L}^2 + i_{Cbus_RMS_H}^2}$$

$$i_{Cbus_RMS_Total} = 6.388 \text{ A}$$

流过电解电容总的交流有效值

$$i_{Cbusn}(n) := i_{invmos}(n) - \bar{i}_{in_min}$$

$$i_{Cbusn_RMS} := \sqrt{i_{invmosn_RMS}^2 - i_{invmosn_AVG}^2}$$

$$i_{Cbusn_RMS} = 6.221 \text{ A}$$

离散流过电解电容有效值

后续会通过FFT对以上结果进行验证

对电容电流波形进行谐波分析

$$\text{Pointn} := 2^{18}$$

$$n := 0.. \text{Pointn} - 1$$

$$x_n := i_{Cbus} \left(\frac{\frac{t_{grid}}{2}}{\text{Pointn} - 1} \cdot n \right)$$

$$y := \text{cfft}(x)$$

$$\text{Harmonic}_n := |y_n| \cdot \frac{2}{\sqrt{\text{last}(y)}}$$

$$\text{Harmonic}_0 := \frac{|y_0| \cdot \frac{2}{\sqrt{\text{last}(y)}}}{2}$$

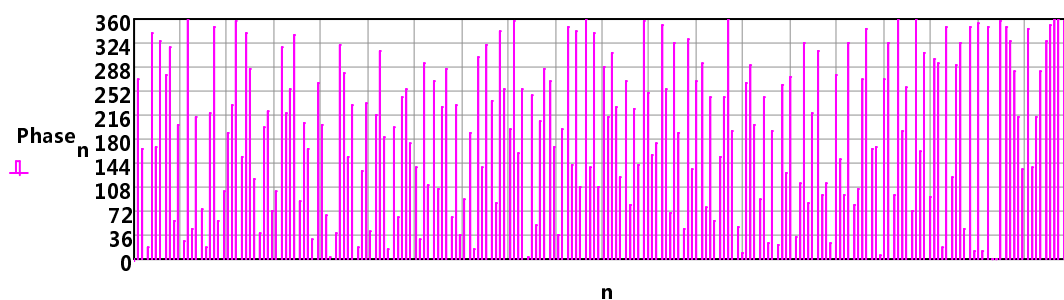
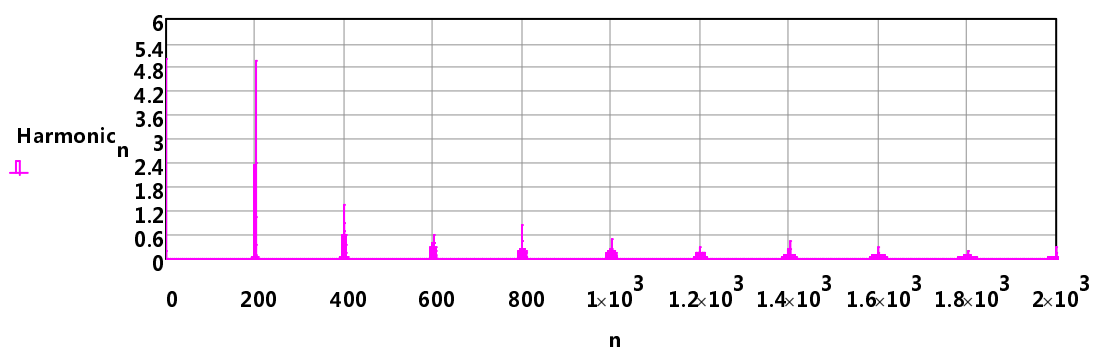
$$\text{Phase}_n := \begin{cases} \left(360 + 90 - \arg(y_n) \cdot \frac{180}{\pi} \right) & \text{if } \text{Re}(y_n) < 0 \wedge \text{Im}(y_n) > 0 \\ 90 - \arg(y_n) \cdot \frac{180}{\pi} & \text{otherwise} \end{cases}$$

	0
0	0.208
1	5
2	$2.359 \cdot 10^{-4}$
3	$4.41 \cdot 10^{-4}$
4	$1.69 \cdot 10^{-4}$
5	$6.107 \cdot 10^{-4}$
6	$2.588 \cdot 10^{-4}$
7	$1.978 \cdot 10^{-4}$
8	$6.333 \cdot 10^{-5}$
9	$3.16 \cdot 10^{-4}$
10	$4.101 \cdot 10^{-4}$
11	$2.072 \cdot 10^{-4}$
12	$1.862 \cdot 10^{-4}$
13	$2.114 \cdot 10^{-4}$
14	$3.029 \cdot 10^{-4}$
15	...

Harmonic = A

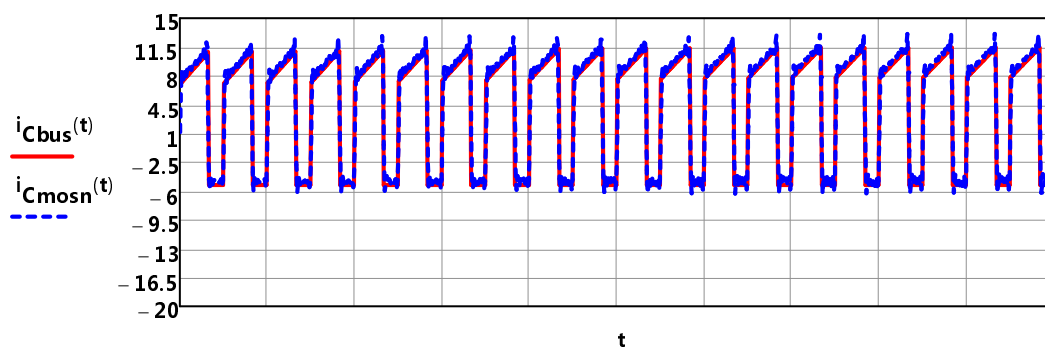
	0
0	-90
1	270.001
2	166.327
3	19.043
4	337.68
5	167.268
6	326.495
7	274.796
8	318.954
9	58.07
10	202.419
11	28.324
12	359.094
13	45.485
14	214.389
15	...

Phase =



检查CFFT变换的结果

$$i_{Cmosn}(t) := \text{Harmonic}_0 + \sum_{k=1}^{3000} \left(\left| \text{Harmonic}_k \right| \cdot \sin \left(4 \cdot \pi \cdot f_{\text{grid}} \cdot k \cdot t + \text{Phase}_k \cdot \frac{\pi}{180} \right) \right)$$



$$i_{Cbus_RMS_FFT} := \sqrt{\frac{2^{18}}{2} \sum_{m=1}^2 \left[\frac{(|\text{Harmonic}_m|)^2}{2} \right]}$$

$$i_{Cbus_RMS_FFT} = 6.221 \text{ A}$$

FFT后计算流过电解电容总有效值

$$i_{\text{Cbus_RMS_L_FFT}} := \sqrt{\sum_{m=1}^1 \left[\frac{(|\text{Harmonic}_m|)^2}{2} \right]}$$

$$i_{\text{Cbus_RMS_L_FFT}} = 3.536 \text{ A}$$

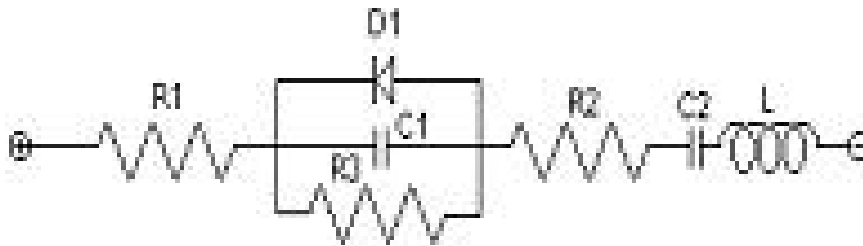
FFT后计算流过电解电容低频有效值

$$i_{\text{Cbus_RMS_H_FFT}} := \sqrt{\sum_{m=2}^{\frac{2^{18}}{2}} \left[\frac{(|\text{Harmonic}_m|)^2}{2} \right]}$$

$$i_{\text{Cbus_RMS_H_FFT}} = 5.118 \text{ A}$$

FFT后计算流过电解电容高频有效值

电解电容的等效电路



$$Z_{\text{cap}} = R_1 + \frac{1}{\frac{1}{R_3} + j \cdot 2\pi \cdot f \cdot C_1} + R_2 + \frac{1}{j \cdot 2\pi \cdot f \cdot C_2} + j \cdot 2\pi \cdot f \cdot L$$

电解电容的复阻抗模型

$$R_{\text{esr}} = \text{Re}(Z_{\text{cap}}) = R_1 + R_2 + \frac{R_3}{1 + (2\pi \cdot f)^2 \cdot C_1^2 \cdot R_3^2}$$

电解电容的等效串联电阻

R_1 : 电极与引出端子电阻

R_2 : 阳极氧化膜与电解质电阻

R_3 : 损坏的阳极氧化膜的绝缘电阻

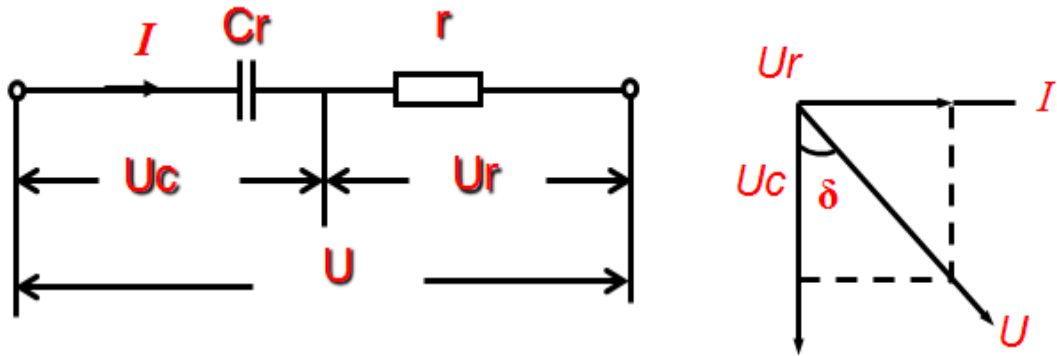
D_1 : 具有单向导电性的氧化膜

C_1 : 阳极箔的容量

C_2 : 阴极箔的容量

L : 电极及引出线端子等引起的等效电感感量

电解电容的正切损耗角



$$\tan(\delta) = \frac{U_r}{U_c} = \frac{I \cdot r}{\frac{I}{\omega \cdot C_r}} = \omega \cdot C_r \cdot r$$

正切损耗角公式

查阅规格书选取VXG系列电解电容

Cap (μF)	250				400			
	φ 22	φ 25	φ 30	φ 35	φ 22	φ 25	φ 30	φ 35
82					22×25 0.77			
100					22×30 0.89			
120					22×30 0.96	25×25 0.95		
150					22×35 1.11	25×30 1.11		
180					22×40 1.25	25×35 1.26	30×25 1.16	
220	22×25 1.22				22×50 1.47	25×35 1.35	30×30 1.35	35×25 1.26
270	22×30 1.43				22×55 1.65	25×45 1.61	30×35 1.54	35×30 1.48
330	22×35 1.64	25×25 1.39				25×50 1.80	30×40 1.74	35×30 1.54
390	22×40 1.84	25×30 1.65				25×55 1.99	30×45 1.93	35×35 1.74
470	22×45 2.06	25×35 1.88	30×25 1.55				30×50 2.14	35×40 1.95
560	22×50 2.29	25×40 2.11	30×30 1.84	35×25 1.56			30×60 2.44	35×45 2.19
680	22×55 2.54	25×45 2.36	30×35 2.11	35×30 1.80				35×50 2.40
820		25×50 2.61	30×40 2.36	35×30 1.81				35×60 2.77
1000		25×60 3.02	30×45 2.63	35×35 2.38				
1200			30×50 2.85	35×40 2.41				
1500			30×60 3.31	35×50 2.92				
1800				35×55 3.12				

对选取的电容说明：

电容耐压250V，电容量1800μF，105℃时允许通过120Hz电流纹波的有效值为3.12A，尺寸为35mm*55mm,误差为10%的两个电容并联。

$$C_{nor} := 1800\mu F$$

选取电容标称的容量

$$C_{busrealitymin} := \frac{C_{nor}}{2} \cdot (1 - 10\%)$$

实际使用的最小容量

$$\Delta V_{bus} := \frac{P_{in}}{\omega_{grid} \cdot C_{busrealitymin} \cdot V_{bus_max}}$$

$$\Delta V_{bus} = 20.467 V \quad \text{计算实际的最大电压纹波}$$

$$V_{c_max} := V_{bus_max} + \frac{\Delta V_{bus}}{2} \quad V_{c_max} = 410.234 \text{ V} \quad \text{电容实际的电压}$$

规格书给出电解电容的损耗正切角系数

损失角正切值 (tan δ) Dissipation Factor(MAX)	额定电压(Vdc) Rated Voltage	10	16	25	35	50	63	80	100	200~250	400~450	475~500	(20°C, 120Hz)
	tan δ	0.55	0.50	0.45	0.40	0.35	0.30	0.25	0.20	0.20	0.20	0.25	

$$\tan(\delta) := 0.2 \quad R_{esr} := \frac{\tan(\delta)}{C_{nor} \cdot 2 \cdot 1.2 \cdot \omega_{grid}} = 0.147 \Omega \quad \text{120Hz时电容的等效串联电阻}$$

规格书给出电解电容的纹波修正系数

◆纹波电流修正系数 / MULTIPLIER FOR RIPPLE CURRENT

频率 (Hz) Frequency	60(50)	120(100)	300	500	1k	10k≤
系数 Coefficient						
10~100Vdc	0.90	1.00	1.03	1.05	1.10	1.15
200~250Vdc	0.80	1.00	1.15	1.20	1.30	1.50
400~500Vdc	0.80	1.00	1.15	1.20	1.25	1.40

$$k_{f_100Hz} := 1.0 \quad \text{100Hz时电容的电流文波系数}$$

$$k_{f_20kHz} := 1.5 \quad \text{大于10kHz时电容的电流文波系数}$$

$$I_{Crms_100Hz_L} := \sqrt{\sum_{m=1}^{\infty} \left[\frac{(|\text{Harmonic}_m|)^2}{2 \cdot k_{f_100Hz}} \right]}$$

$$I_{Crms_100Hz_L} = 3.536 \text{ A} \quad \text{低频电容文波等效电流}$$

$$I_{Crms_10kHz_H} := \sqrt{\sum_{m=180}^{220} \left[\frac{(|\text{Harmonic}_m|)^2}{2 \cdot k_{f_20kHz}} \right]}$$

$$I_{Crms_10kHz_H} = 3.571 \text{ A} \quad \text{高频电容文波等效电流}$$

$$I_{Crmst} := \sqrt{I_{Crms_100Hz_L}^2 + I_{Crms_10kHz_H}^2}$$

$$I_{Crmst} = 5.026 \text{ A}$$

$$P_C := (I_{Crms})^2 \cdot R_{esr}$$

$$P_C = 3.722 \text{ W}$$

计算每个电容的损耗

$$P_{Ct} := 2 \cdot P_C$$

$$P_{Ct} = 7.444 \text{ W}$$

计算电容的总损耗

计算出电容的损耗时需要通过热仿真分析温升情况

$$L_{CHlife} := 5000 \text{ hr}$$

选取电容标称的最长使用时间

$$T_{max} := 105 \text{ K}$$

选取电容标称的最大温度

$$T_a := 75 \text{ K}$$

电容实际使用时的最高环境温度

$$L_{life} := L_{CHlife} \cdot 2^{\frac{T_{max} - T_a}{10 \text{ K}}}$$

$$L_{life} = 4 \times 10^4 \cdot \text{hr}$$

计算电容的使用时间

直

直

i

值

