

滤波器设计

王柯

2017 年 4 月 5 日

§1 模拟滤波器

§1.1 LCL滤波器设计

§1.1.1 基本特性

传统滤波器大多数为型滤波器。L型滤波器结构简单，控制方案较为成熟，但因为其在传递函数上表现为一阶形式，对高频干扰的抑制性能较差，一般需要用较大的电感量来加强对开关频率处纹波的衰减，大大增加了系统体积和成本。相对L型滤波器，LCL型滤波器有较好的高频滤波特性，能够以较小的感量获得同样的衰减强度。但LCL滤波器特性比较复杂，由于谐振尖峰的存在，系统容易不稳定[庞晋永. 光伏并网逆变器的建模与控制器设计[D].浙江大学,2014.]。

LCL滤波器结构如图1.2所示：如果忽略寄生电感可得其网侧电流的传递函数为

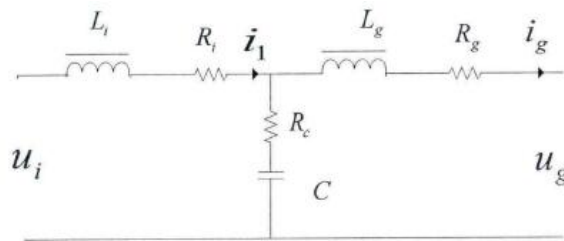


图 1.1 LCL滤波器结构

$$\frac{i_g}{u_i} = \frac{1}{L_i L_g C s^3 + (L_i + L_g) s} \quad (1.1)$$

L型和LCL型滤波器的伯德图为 LCL滤波器在低频段特性类似于L型滤波器，在高频段则有

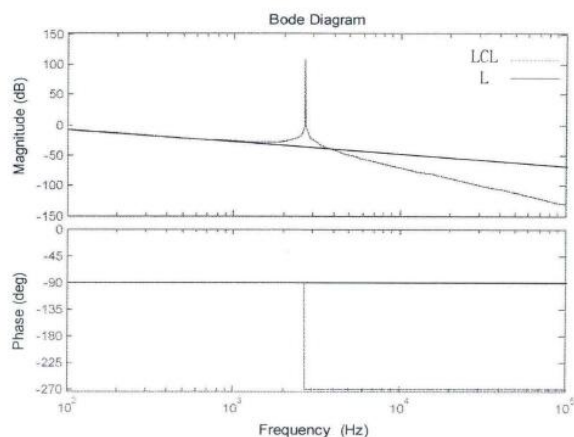


图 1.2 L型和LCL滤波器传递函数伯德图

着倍频)的衰减,对高频纹波的抑制作用更强。但LCL滤波器存在谐振尖峰,在该处有着很大的幅值增益并且带来180度的相移,这会造成系统的不稳定。

§1.1.2 参数设计

1.总电感

在低频段可以看作一个L型滤波器,考虑到滤波器阻抗上的压降,总电感不应该过大,在额定工作时电感对电网的分压不应小于电网电压的10%,

$$\omega LI < 10\%U \quad (1.2)$$

其中 ω_g 为电网频率, I 、 U 为额定并网电流幅值及额定电网电压幅值。

2.逆变侧电感设计

逆变侧电流纹波太大会增加开关管上的损耗,并且增加开关管的应力。要求逆变器侧电流纹波小于并网额定电路的20%,即

$$|i_i(h_{sw})| \approx \frac{V_{in}}{7L_i f_s} < 20\%I \quad (1.3)$$

其中 $i_i(h_{sw})$ 为逆变器侧的开关纹波电流, f_s 为开关管的开关频率

3.滤波电容的选择要求无功功率小于额定功率的5%,即

$$3\omega_g Cu^2 < 5\%P \quad (1.4)$$

其中 P 为三相逆变器的额定功率, u 为电网电压。

4.网侧电感的选择令网侧电感 $L_g = rL_i$, 则

$$\frac{i_g(H_{sw})}{i_i(h_{sw})} = \frac{1}{|1 + r(1 - \omega_s^2 L_i C)|} \quad (1.5)$$

r 越大对纹波的衰减越好,但也会增大滤波器的体积,同时还要考虑LCL的谐振频率,有

$$\omega_{res} = \sqrt{\frac{L_i + L_g}{L_i L_g C}} \quad (1.6)$$

为保证电流质量,应是谐振峰值远离低频段,一般取 $\omega_{res} > \omega_g$,同时谐振频率不能过于靠近开关频率 $\omega_{res} < \omega_{sw}$

5.无源阻尼的选择在使用无源阻尼方案进行网侧电流单环控制的时候,使用电容上串电阻的方法所需要的电阻最小,产生更小的阻尼损耗。加入无源阻尼抵消谐振峰值,只考虑电容寄生电阻的时候,传递函数为

$$\frac{i_g(s)}{u_i(s)} = \frac{1 + sCR_c}{L_i l_g C s^3 + R_c C (L_i + L_g) s^2 + (L_i + L_g) s} \quad (1.7)$$

电阻损耗不能太大,一般有

$$R_c < \frac{1}{3\omega_{res} C} \quad (1.8)$$

§2 数字滤波器

§3 公式

统一编号

$$\begin{aligned}L \frac{di_L}{dt} &= v_i \\ C \frac{du_c}{dt} &= -\frac{u_c}{R} \\ v_o &= u_c\end{aligned}\tag{3.1}$$

单独编号

$$I_D = I_0 \left(\exp \frac{qU_d}{AkT} - 1 \right)\tag{3.2}$$

$$I_L = I_{ph} - I_D - \frac{U_D}{R_{sh}}\tag{3.3}$$

$$= I_{ph} - I_0 \left[\exp \frac{q(U_{oc} + I_L R_s)}{AkT} - 1 \right] - \frac{U_D}{R_{sh}}\tag{3.4}$$

$$I_{sc} = I_0 \left(\exp \frac{qU_{oc}}{AkT} - 1 \right)\tag{3.5}$$

$$U_{oc} = \frac{AkT}{q} \ln \left(\frac{I_{sc}}{I_0} + 1 \right)\tag{3.6}$$

行间公式 I_0

矩阵

$$\begin{bmatrix} \dot{i}_L \\ \dot{u}_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & -\frac{1}{RC} \end{bmatrix} v_i\tag{3.7}$$

§4 图片

如图1.2所示

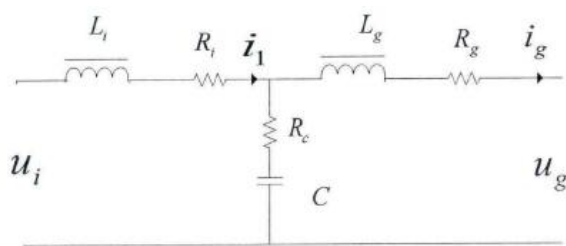


图 4.1 model

§5 表格

如表5.1所示

表 5.1 表格	
参数	v_0
原值	0m/s

§6 参考文献

参考文献

- [1] 张洪华①②, 梁俊①, 黄翔宇①②*, 赵宇①, 王立①②, 关轶峰①②, 程铭①, 李骥①②, 王鹏基①②, 于洁①, 袁利①, 嫦娥三号自主避障软着陆控制技术, 中国科学: 技术科学 (2014 年第44 卷第6 期: 559 568)

§7 附录

代码

C程序