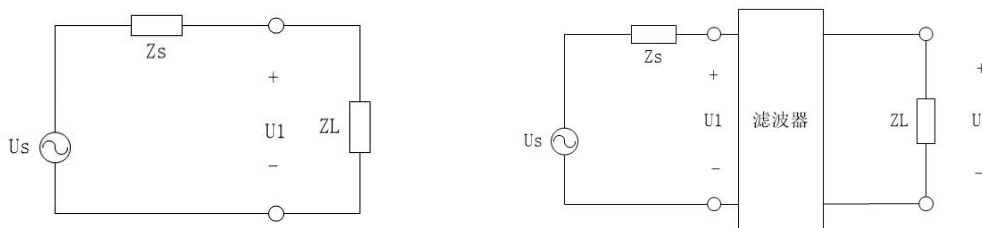


插入损耗计算方法

一、基于二端口网络的 EMI 滤波器插入损耗计算

插入损耗 IL 是衡量 EMI 滤波器性能的重要指标之一，用以描述 EMI 滤波器对干扰噪声的抑制能力，是滤波器重要的电气性能参数。



(a) 滤波器接入前电路

(b) 滤波器接入后电路

图附录 3-1: EMI 滤波器插入损耗定义

由图 3-1 可得滤波器接入电路前后负载 R_L 上的功率 P_1 与 P_2 ：

$$P_1 = \frac{U_1^2}{Z_L} \quad (1-1)$$

$$P_2 = \frac{U_2^2}{Z_L} \quad (1-2)$$

由插入损耗定义, 得到表达式 (1-3)：

$$IL = 10 \lg \frac{P_1}{P_2} = 10 \lg \frac{\frac{U_1^2}{Z_L}}{\frac{U_2^2}{Z_L}} = 20 \lg \frac{U_1}{U_2} \quad (1-3)$$

根据图 1-1 (a) 及电路知识, 得到 (1-4) 表达式:

$$U_1 = \frac{U_s * Z_L}{Z_s + Z_L} \quad (1-4)$$

设图 3-1 (b) 二端口网络的 A 参数矩阵为,

$$A = \begin{bmatrix} A_{11} & A_{12} \\ A_{21} & A_{22} \end{bmatrix} \quad (1-5)$$

EMI 滤波器为一个线性无源二端口网络, 根据图 1-1 (b) 可得到无源二端口网络的传输方程:

$$\begin{cases} U_1 = A_{11}U_2 + A_{12}I_2 \\ I_1 = A_{21}U_2 + A_{22}I_2 \end{cases} \quad (1-6)$$

又有

$$\begin{cases} U_1 = U_s - I_1 R_s \\ U_2 = -I_2 R_L \end{cases} \quad (1-7)$$

由 (1.5) 到 (1.7) 联立求解到 U_2 如 (1.8) 所示。

$$U_2 = \frac{U_s}{A_{11} + A_{12}/R_L + A_{21}R_s + A_{22}R_s/R_L} \quad (1-8)$$

由 (1.3)、(1.4)、(1.8) 式获得带有 A 参数矩阵 EMI 滤波器插入损耗计算公式：

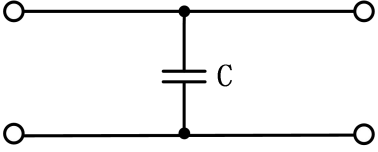
$$IL = 20 \lg \left| \frac{A_{11}R_L + A_{12} + A_{21}R_sR_L + A_{22}R_s}{R_s + R_L} \right| \quad (1-9)$$

二、典型低通滤波器插入损耗计算

通过阅读和了解常规 EMI 滤波器设计方法，得到相应 A 参数矩阵之后，就可以通过以下插入损耗的计算式得出插入损耗的值。

表附录 3-1：典型滤波电路及其 A 参数矩阵

拓扑	典型滤波电路	A 参数矩阵
L 型		$\begin{pmatrix} 1 - \omega^2 LC & j\omega L \\ j\omega C & 1 \end{pmatrix}$
Π 型		$\begin{pmatrix} 1 - \omega^2 LC_2 & j\omega L \\ j\omega(C_1 + C_2) - j\omega^3 LC_1 C_2 & 1 - \omega^2 LC_1 \end{pmatrix}$
T 型		$\begin{pmatrix} 1 - \omega^2 L_1 C & j\omega(L_1 + L_2) - j\omega^3 L_1 L_2 C \\ j\omega C & 1 - \omega^2 L_2 C \end{pmatrix}$
单 L		$\begin{pmatrix} 1 & j\omega L \\ -j\omega L & 1 \end{pmatrix}$

单 C		$\begin{pmatrix} 1 & -j\omega C \\ j\omega C & 1 \end{pmatrix}$
-----	---	---

将上述 A 矩阵参数带入插入损耗公式，即可得到：

1、L 型拓扑结构滤波器

已知 $R_S = R_L = R = 50\Omega$ 、 $\omega = 2\pi f_c$ 。

$$\begin{aligned}
 IL &= 20\lg \left| \frac{(1 - \omega^2 LC)R_L + j\omega L + j\omega CR_S R_L + R_S}{R_S + R_L} \right| \\
 &= 10\lg \left[\left(1 - \omega^2 L \frac{C}{2} \right)^2 + \left(\frac{\omega L + \omega CR^2}{2R} \right)^2 \right]
 \end{aligned}$$

2、 Π 型拓扑结构滤波器

已知 $R_S = R_L = R = 50\Omega$ 、 $C = C_{y1} = C_{y2}$ 、 $\omega = 2\pi f_c$ 。

$$\begin{aligned}
 IL &= 20\lg \left| \frac{(1 - \omega^2 LC_y)R_L + j\omega L + [j\omega(C_y + C_y) - j\omega^3 LC_y C_y]R_S R_L + (1 - \omega^2 LC_y)R_S}{R_S + R_L} \right| \\
 &= 10\lg \left[(1 - \omega^2 LC_y)^2 + \left(\frac{\omega^* (L + R^2 (2C_y - \omega^2 LC_y^2))}{2R} \right)^2 \right]
 \end{aligned}$$

3、T 型拓扑结构滤波器

已知 $R_S = R_L = R = 50\Omega$ 、 $L = L_1 = L_2$ 、 $\omega = 2\pi f_c$ 。

$$\begin{aligned}
 IL &= 20\lg \left| \frac{(1 - \omega^2 L_1 C)R_L + [j\omega(L_1 + L_2) - j\omega^3 L_1 L_2 C] + j\omega C_y R_S R_L + (1 - \omega^2 L_2 C)R_S}{R_S + R_L} \right| \\
 &= 10\lg \left[(1 - \omega^2 CL)^2 + \left(\frac{\omega(2L - \omega^2 L^2 C + CR^2)}{2R} \right)^2 \right]
 \end{aligned}$$

4、单 L 型拓扑结构滤波器

已知 $R_S = R_L = R = 50\Omega$ 、 $\omega = 2\pi f_c$ 。

$$\begin{aligned}
 IL &= 20\lg \left| \frac{R_L + j\omega L - j\omega L R_S R_L + R_S}{R_S + R_L} \right| \\
 &= 10\lg \left[1 + \left[\frac{\omega(L - LR^2)}{2R} \right]^2 \right]
 \end{aligned}$$

5、单 C 型拓扑结构滤波器

已知 $R_S = R_L = R = 50\Omega$ 、 $\omega = 2\pi f_c$ 。

$$\begin{aligned}
 IL &= 20\lg \left| \frac{R_L - j\omega C + j\omega C R_S R_L + R_S}{R_S + R_L} \right| \\
 &= 10\lg \left[1 + \left[\frac{\omega(CR^2 - C)}{2R} \right]^2 \right]
 \end{aligned}$$