

RLC 桥式整流滤波电路的频域分析及实验仿真

李加升¹, 戴瑜兴²

(1. 湖南益阳职业技术学院, 湖南 益阳 413049; 2. 湖南大学 电气院, 湖南 长沙 410000)

摘要: 本文从频域的角度对 RLC 桥式整流滤波电路进行了分析, 并在 EWB 里对该电路整流和滤波后的电压波形分别进行了仿真。

关键词: RLC; 桥式; 滤波; 频域; 仿真

中图分类号: TN710 文献标识码: A 文章编号: 1008—6129(2007)05—0084—03

一、前言

以三角函数, 复指数函数作为基元信号, 对 LTI (Linear time-invariant) 线性时不变系统建立的一种分析方法, 称为傅里叶频域分析法。^[1] 时不变连续时间系统指的是在同样起始状态下, 系统响应特性与激励施加于系统的时刻无关。换句话说, 若激励时延 T 时间, 响应也时延相同的时间 T。即对任意 T, 满足 $\{x(t) \rightarrow y(t)\} \Rightarrow \{x(t-T) \rightarrow y(t-T)\}$ 。LTI 系统是一个同时满足线性性与时不变性的系统。^[2]

二、RLC 桥式整流滤波电路的频域分析

如图 1 是 RLC 桥式整流滤波电路, 也是一 LTI 系统, 下面我们从频域的角度来分析它。当给电源加一电压 $U_s(t) = U_m \cos(\omega t + \varphi)$ 时, 经过整流得如图 2 的电压波形。^[3] 傅里叶级数展开式表示 (最高取到四次谐波) 为:

$$u(t) = \frac{4U_{2m}}{\pi} \left[\frac{1}{2} + \frac{1}{3} \cos(2\omega t) - \frac{1}{15} \cos(4\omega t) + \dots \right]$$

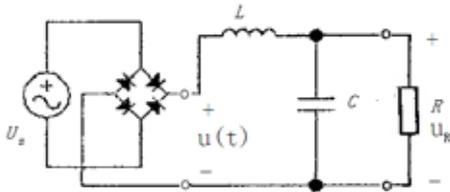


图 1 RLC 桥式整流滤波电路

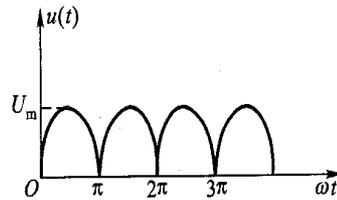


图 2 电压波形

为了简化计算, 假定 $U_s(t) = 110\sqrt{2} \cos 100\pi(V)$,

$L=5H, C=10 \mu F, R=2K \Omega$, 则得:

$$u(t) = [100 + 66.7 \cos(2\omega t) - 13.3 \cos(4\omega t) + \dots] (V)$$

利用频域分析法, 画出电路的相量模型图 (如图 3)

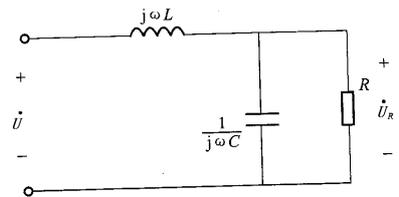


图 3 相量模型图

$$\text{求得总阻抗 } Z = j\omega L + \frac{\frac{1}{j\omega C} \cdot R}{\frac{1}{j\omega C} + R} = j\omega L + \frac{R}{\frac{1}{j\omega C} + R} = \frac{-\omega^2 RLC + j\omega L + R}{j\omega RC + 1}$$

由串联电路分压原理得负载两端的电压为:

$$\dot{U}_R = \frac{\dot{U} \cdot R \cdot \frac{R}{j\omega CR + 1}}{\frac{-\omega^2 RLC + j\omega L + R}{j\omega RC + 1}} = \frac{R \cdot \dot{U}}{(R - \omega^2 RLC + j\omega L)}$$

收稿日期: 2007—02—03

作者简介: 李加升 (1965—), 湖南安化人, 益阳职业技术学院机电与电子工程系, 副教授, 硕士。

$$= \frac{R \cdot \dot{U}}{\sqrt{(R - \omega^2 RLC)^2 + (\omega L)^2}} \angle -\arctan \frac{\omega L}{R - \omega^2 RLC}$$

(1) 当直流分量作用时, 电感相当于短路、电容相当于开路。所以负载两端的电压为 $U_{R0} = 100V$

$$(2) \text{ 当二次谐波作用时, 得 } \dot{U}_{R2} = \frac{\dot{U}R}{R - 4\omega^2 RLC + 2j\omega L}$$

$$= \frac{66.7 \angle 0^\circ \times 2 \times 10^3}{2 \times 10^3 - 4 \times 314^2 \times 2 \times 10^3 \times 5 \times 10 \times 10^{-6} + 2j \times 314 \times 5} = 3.549 \angle -175.3^\circ V$$

$$u_{R2}(t) = 3.549 \cos(2\omega t - 175.3^\circ) V$$

$$(3) \text{ 当四次谐波作用时, 得 } \dot{U}_{R4} = \frac{\dot{U}R}{R - 16\omega^2 RLC + 4j\omega L}$$

$$= \frac{66.7 \angle 0^\circ \times 2 \times 10^3}{2 \times 10^3 - 16 \times 314^2 \times 2 \times 10^3 \times 5 \times 10 \times 10^{-6} + 4j \times 314 \times 5} = 0.1705 \angle 2.3^\circ V$$

$$u_{R4}(t) = 0.1705 \cos(4\omega t + 2.3^\circ) V$$

则桥式整流滤波电路负载两端的电压为:

$$u_R = U_{R0} + U_{R2} + U_{R4} = [100 + 3.549 \cos(2\omega t - 175.3^\circ) + 0.1704 \cos(4\omega t + 2.3^\circ)] V$$

从以上计算可知, 通过滤波, 负载上的电压的二次谐波分量仅为直流分量的 $3.549 \times 100\% = 3.5\%$, 四次谐波分量仅为直流分量的 $0.1704 \times 100\% = 0.17\%$, 四次谐波以上的分量可以忽略不计, 输出电压接近直流电压。而滤波电路前的电压, 二次谐波分量和四次谐波分量分别为直流分量的 66.7% 和 13.3%。所以这种电路起到了滤波的作用。^[4]

三、实验仿真

为了更进一步说明上述问题并对上面的分析进行论证, 我们在 EWB 里进行了仿真。如图 4 是测桥式整流后电压波形的仿真电路图, 图 5 是示波器上显示的电压波形, 下面是测得的相关数据。

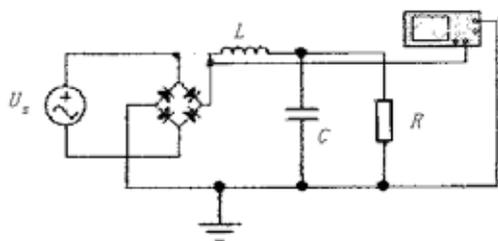


图 4 仿真电路图

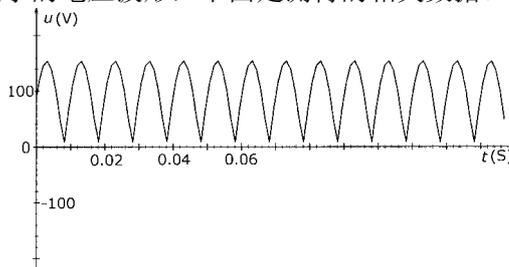


图 5 电压波形

Time per division:	10.0000 m	seconds
Time offset:	0.0000	seconds
Channel A (V/Div):	100.0000	volts
Channel A offset:	0.0000	volts
Channel B:	Not Used.	

T1:	0.0000	seconds
VB1:	88.1842	volts
T2:	0.0000	seconds
T2 - T1:	0.0000	seconds

如图 6 是测滤波后负载电压波形的仿真电路图, 图 7 是示波器上显示的电压波形, 下面是测得的相关数据。

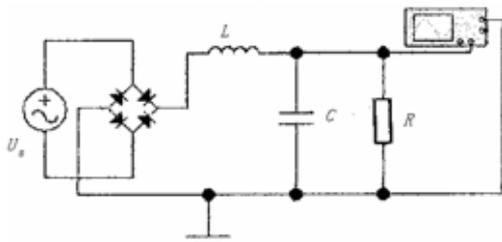


图 6 仿真电路图

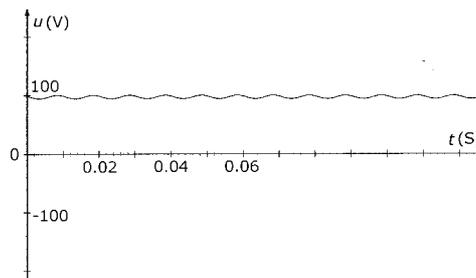


图 7 电压波形

