

EI 型电源变压器输出为全波整流电路 计算方法

The calculating method of EI type power transformer for output by full wave rectify circuits

田村电子(惠州)有限公司 聂应发, 黄康民 (惠州 516100)

中图分类号: TM4 文献标识码: B 文章编号: 1606-7517(2009)03-4-113

开放型 EI 型电源变压器设计有多种多样的方法, 通常为交流输出且告诉交流电压和负荷, 易达到客户的要求。但是对设计开发者来说, 客户经常有特殊要求, 如有输出为全波整流电路情况下, 不是很简单的电压与电流之积, 必须通过电路原理进行转换, 这对设计者来说是一个较为头疼的问题, 一般初次设计不能准确计算出圈数、线径和温升, 本文拟对全波计算提供较为准确方法, 并作些深入探讨, 供大家参考。

因此当客户只告诉我们全波电路的负荷情况下, 我们如何通过转化计算出实际输出功率是多少以及实效电压和实效电流, 这样我们才能准确选择骨架大小, 进而迅速设计变压器的大小。当然, 许多设计者凭多年的设计经验, 也可很快设计出较佳的变压器。

下面通过较详细实例来计算, 供广大设计者参考:

例:

输入: AC220V 50Hz

输出: DC 7.0V 650mA (全波整流电路, 电容为2200 uF)

温度上升为 50K MAX 绝缘等级为 A 级

电路如图1:

由于是全波电路, 与我们通常直接负载电流与负载电压之积等于输出功率不一样, 根据我们多年经验, 实际计算功率如下:

由于全波电路中二极管有电流通过时就一定有电压降

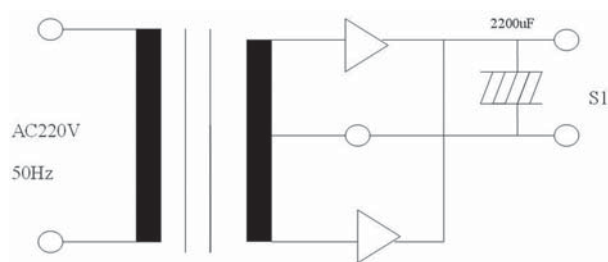


图 1

E_d , 大约有 0.5V 压降, 由于全波电路中每次整流时通过 1 个二极管, 因此约有 0.5V 压降; 根据经验公式如下:

现次级负荷交流电压 E_{AC} 和交流电流 I_{AC} 以及实效功率 V_A 概算如下:

$$E_{AC}=7.0 \times 0.85+0.5=6.45 \text{ (V)}$$

$$I_{AC}=1.15 \times 0.65=0.75 \text{ (A)}$$

$$V_A=6.45 \times 0.75 \times 1.4=6.77 \text{ (VA)}$$

其中为: E_{AC} 是由直流电压转化相当于实效交流负荷电压值; I_{AC} 是由直流电流转化相当于实效交流负荷电流值; V_A 是由直流负载功率转化相当于交流负荷功率值。

根据我公司多年累计出来的目录表, 由输出功率 6.77VA 得出选用 EI48 铁心厚度为 20mm 铁心出来, 通过计算就可知铁心重量为 0.233kg。根据铁心面积和磁心的经验磁通密度进而很得出: 当 B_m 为 1.49T 时我们可选初级圈数为 2300 圈, 再根据骨架的窗口面积可迅速计算出可选

取线径为 $\Phi 0.12$ ，通过铁心磁通密度和绘制的铁心励磁 V_A 曲线图，不难得出此时为 22.0VmA/g ；进而得出：励磁电流（相当于空载电流） $I_0 = 22.0 \times 233 / 220 = 23(\text{mA})$ ；进而得出初级负载电流 $I_L = \sqrt{(6.77/220)^2 + (0.023)^2} = 0.0384(\text{A})$ ；从而可得出电流密度 d ： $d = 1.273 \times 0.0384 / 0.12^2 = 3.40(\text{A}/\text{mm}^2)$

根据功率和电流密度可事先设定电压变动率为 19% 左右，从而得出次级无负荷电压 E_0 ： $E_0 = 6.45 \times 2 \times 1.19 = 15.4(\text{V})$ ，从而次级卷线 N_2 ： $N_2 = 15.4 / 220 \times 2300 = 161(\text{圈})$ 。如若与初级一样电流密度的话：可得出次级线径为 $\Phi 0.47$ 。

根据上述骨架可出：初级平均卷线长：95mm

次级平均卷线长：101mm

由电阻曲线表： $\Phi 0.12$ 铜线电阻：1636 Ω/km ；

$\Phi 0.47$ 铜线电阻：102.5 Ω/km

初级电阻 $R_1 = \text{平均卷线长} \times \text{圈数} \times (\text{线径所对应的} \Omega/\text{km}) \times 10^{-6}$

$$R_1 = 95 \times 2300 \times 1636 \times 10^{-6} = 358 \Omega$$

次级电阻 $R_2 = \text{平均卷线长} \times \text{圈数} \times (\text{线径所对应的} \Omega/\text{km}) \times 10^{-6}$

$$R_2 = 101 \times 161 \times 102.5 \times 10^{-6} = 1.67 \Omega$$

$$\text{次级电压降：} E_{2D} = 1.67 \times 0.75 = 1.25(\text{V})$$

$$\text{初级电压降：} E_{1D} = 358.0 \times 0.0384 = 13.75(\text{V})$$

$$\text{次级负载电压：} E_2 = 161 / 2300 (220 - 13.75) - 1.25 = 13.2(\text{V})$$

因此通过计算不难得出变动率 $\epsilon = (15.4 - 13.2) / 13.2 \times 100 = 16.7\%$

这与之前暂定变动率 19% 不一致，必须再次调整圈数来达到相等，另外在直流负荷场合，必须通过直流负载曲线来作进一步调整计算：

$$\text{电压降所耗电阻 } R_t = 16.7\% \times 6.77 / 0.75 = 1.51 \Omega；$$

$$\text{二极管压降 } E_d = 0.5\text{V}，\text{二极管所对应的电阻 } R_d = 0.5 / 0.65 = 0.77 \Omega；$$

$$\text{上述两个电阻之和 } R_s = 1.51 + 0.77 = 2.28 \Omega$$

当负荷时存在电阻 $R = 7 / 0.65 = 10.77(\Omega)$

两者之间比值： $R_s / R = 2.28 / 10.77 = 0.212$

全波电路中，必须是 2 倍： $R_s / 2R = 0.106$

由图3可得出 $I_{AC} / I_{DC} / K = 2.06$ ($K = 0.5$ 当全波电路中)。

$$I_{AC} = 2.06 \times 0.65 \times 0.5 = 0.67(\text{A})$$

全波电路中， $n\omega CR$ 中 (n 必须是为 2)

因此

$$n\omega CR = 2\omega CR = 2 \times 6.28 \times 50 \times 2200 \times 10^{-6} \times 10.77 = 14.9(\Omega F)$$

根据以上参数：由图 2 可得出 $E_{DC} / E_{AC} = 0.95$

$$\text{进而得出：} E_{AC} = 7 / 0.95 = 7.35(\text{V})$$

至此我们知道：当 $N_2 = 161$ 圈时 $I_2 = I_{AC} = 0.67(\text{A})$ 时次

级负载电压 E_{AC} 易可得：

$$\text{次级电压降：} E_{2D} = 1.67 \times 0.67 = 1.12(\text{V})$$

$$\text{初级电压降：} E_{1D} = 358 \times 0.036 = 12.89(\text{V})$$

$$\text{次级总体负载电压：} E_2 = 161 / 2300 (220 - 12.98) - 1.12 = 13.40(\text{V})$$

因此：由于存在中抽平分电压 $E_{AC} = 13.4 / 2 = 6.7(\text{V})$ ，修正后次级圈数为 N_2 ， $N_2 = 6.7 / 7.40 \times 161 = 144(\text{圈})$ 。

由于圈数变更，使得很多参数需要再进行确认计算：

$$\text{无负荷电压 } E_0 = 144 / 2300 \times 220 = 13.8(\text{V})$$

$$\text{初级负载电流 } \sqrt{(6.77/220)^2 + (0.023)^2} = 0.0384(\text{A})$$

$$\text{修正后的电阻：} R_2 = 144 / 161 \times 1.67 = 1.49 \Omega$$

全部铜损

$$W_c = R_1 \times I_1^2 + R_2 \times I_2^2 = 0.0384^2 \times 358 + 1.49 \times 0.67^2 = 1.25(\text{W})$$

$$\text{铁心损耗 (励磁损耗) } W_C = 6.5 \times 0.233 = 1.51(\text{W})$$

由数据表可查出表面积 $S = 70.4(\text{cm}^2)$

$$\text{温升 } T = 0.8 \times (\text{全部铜损} + \text{铁心损耗}) / \text{散热表面积} \times 1000$$

$$T = 0.8 \times (1.25 + 1.51) / 70.4 \times 1000 = 31.4(\text{K}) \text{ 进而满足要求。}$$

当然，如有多组输出有交流电压和直流电压（如半波、倍电压、全波等）中一组或多组组合，相互之间电压有影响的，是比较复杂的，只有经过长期积累，就能熟练运用并很快计算这些复杂方案。

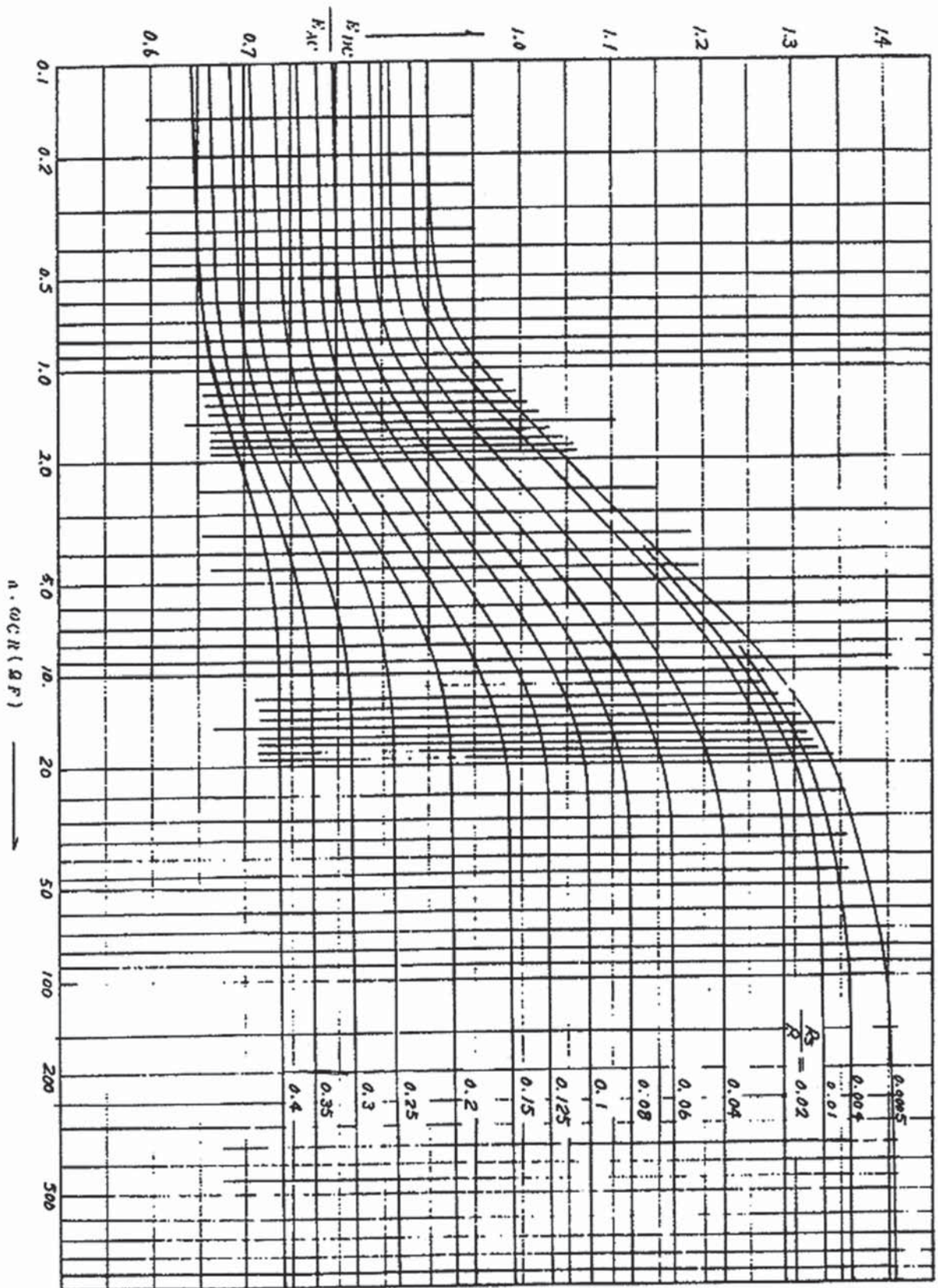


图2 含有电容全波/全波的直流电压曲线表

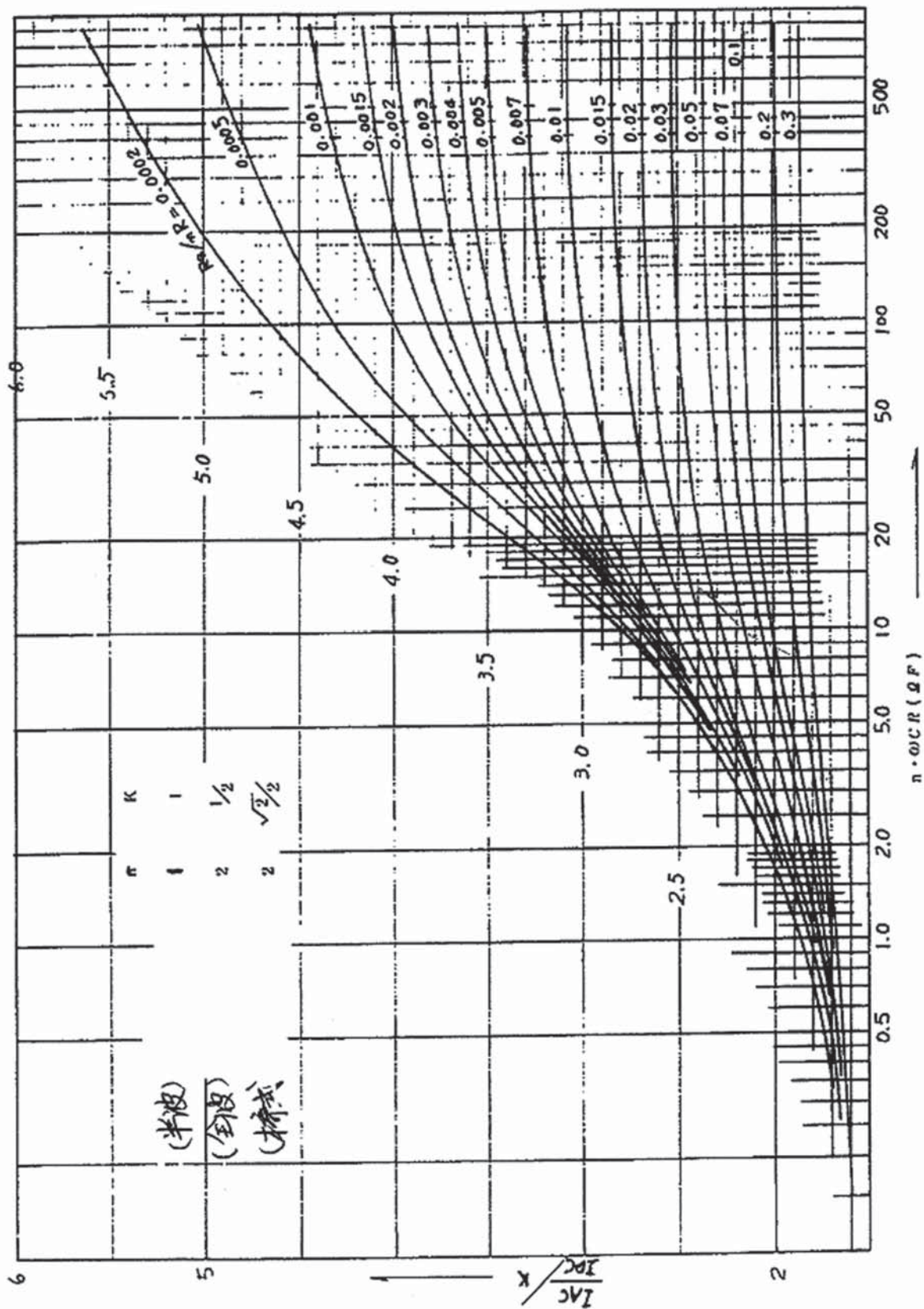


图3 含有电容半波/全波/全波的直流电流计算曲线表