

文章编号: 1000-5889(2005)03-0018-03

基于VB的户外干式空心电抗器的设计和计算

朱宗平¹, 李春旭¹, 陈尔奎², 石红信¹

(1. 兰州理工大学 材料科学与工程学院, 甘肃 兰州 730050; 2. 江南大学 通讯与信息工程学院, 江苏 无锡 214036)

摘要: 干式空心电抗器由于具有结构简单、重量轻、噪声小和维护方便等特点, 得到了迅速发展和广泛应用. 利用VB语言可视化、面向对象和事件驱动等特点, 编制了户外干式空心电抗器的计算机程序, 并以此对户外干式空心电抗器电磁系统进行了实例计算. 该设计计算与传统的手工计算相比, 缩短了设计周期, 提高了计算精度, 降低了设计成本.

关键词: 干式空心电抗器; 设计; 数学模型; VB

中图分类号: TG 433; TM 472 **文献标识码:** A

VB based design and calculation of outdoor dry type hollow reactor

ZHU Zong ping¹, LI Chun xu¹, CHEN Er kui², SHI Hong xin¹

(1. College of Materials Science and Engineering, Lanzhou Univ. of Tech., Lanzhou 730050, China; 2. College of Telecommunication and Information Engineering, Southern Yangtze University, Wuxi, 214036 China)

Abstract: Owing to the merits of the configurational simplicity, weight light, low noise, convenient maintenance and so on, the dry type hollow reactor develops rapidly and is applied abroad. It was attempted to make a computational program and design an electromagnetic system for outdoor dry type hollow reactor with the help of the characteristics of VB language such as its visibility, object orientation and event driving. It shortened the design period, improved the accuracy and reduced the design cost as contrasted with the conventional manual calculation.

Key words: hollow reactor; design; mathematical model; VB

随着电力工业的发展, 电抗器作为电力工业中不可缺少的重要组成部分, 以其在限流、提供滞后的感性无功补偿、作为滤波回路等方面的作用, 得到了长足的发展^[1]. 干式空心电抗器与传统的油浸铁心式电抗器相比, 具有重量轻、线性度好、机械强度高、噪音低等优点^[2,3]. 更为突出的是, 户外干式空心式电抗器在任何恶劣的气候条件下运行几乎不需要维护. 又由于采用了自灭性绝缘材料, 电抗器的安装场所无需严格的防火要求, 从而可以减少基建投资和维护费用.

为了缩短产品的生产周期, 减轻工程设计人员的劳动强度, 提高计算的准确度和速度, 降低产品成本, 本文使用VB (Visual Basic) 语言设计了计算机软件, 充分利用了VB的可视化、面向对象和事件驱动等特点^[4], 对户外干式空心电抗器进行了设计与计

算.

1 户外干式空心电抗器的设计方法

对于电抗器设计, 首先要建立数学模型. 主要包括目标函数, 设计变量, 约束条件, 以制造成本最低和满足性能参数为主要目标.

本文从设计变量出发对目标函数(成本)进行求解, 从而达到设计的目的.

1.1 电抗器的数学模型的建立

$$\min F(X) \quad (X = X_1, X_2, \dots, X_n)^T \quad (1)$$

式中: X 为性能参数, 满足约束条件:

$$\begin{aligned} a_i &\geq g(x) \leq b_i & (i = 1, 2, 3, \dots, m) \\ c_j &\geq x_j \leq d_j & (j = 1, 2, 3, \dots, n) \end{aligned} \quad (2)$$

式中: a_i, b_i, c_j, d_j 均为正整数, $g(x)$ 为线性函数.

对于具有离散值的设计变量, 如绕组直径、导线规格等, 有的还必须取整数值. 这样式(2)属于带约束条件的非线性整数规划问题, 则目标函数(成本)无明显的表达式. 采用求导数方法求取最优解是不

收稿日期: 2004-09-16

作者简介: 朱宗平(1979-), 男, 甘肃定西人, 硕士生.

可能的.实践证明,对式(2)采用不求导数的直接寻优方法是有效的^[5].

1.2 目标函数

对于户外干式空心电抗器设计,目前趋势是考虑制造成本最低和满足性能要求为原则.从满足所有约束条件的合格方案中择优,即可达到设计目的.其表达式为

$$\min F(X) = \min [C_u W_u(X) + C_j W_j(X) + C_g W_g(X) + C_L W_L(X) + C_s W_s(X) + C_I W_I(X)] \quad (3)$$

式中: C_u 、 C_j 、 C_g 、 C_L 、 C_s 、 C_I 分别为导线、绝缘胶、玻璃丝、合金铝、不锈钢和支柱绝缘子的单价; W_u 、 W_j 、 W_g 、 W_L 、 W_s 和 W_I 分别为相应材料的质量.

1.3 设计变量

设计变量是一组唯一确定一个方案的相互独立的参数.变量越多,求解越困难,减少独立变量可提高计算速度.因此,应尽可能地减少设计变量,只选取那些具有代表意义的重要参数作为变量,同时所选的变量还应能为程序编制带来方便.对于户外干式空心电抗器的计算程序,选用以下3个参数作为独立变量,其他的参数作为独立函数考虑.3个独立的变量分别为:

- 1) 电抗器绕组匝数;
- 2) 绕组内径、绕组高度以及气道宽度;
- 3) 导线的电流密度.

对于每一电抗器结构方案,每一独立变量就意味着一层循环.

1.4 约束条件

电抗器的性能参数必须满足某些限制,在某些有效设计变量之间也有相应关系,故对设计参数和设计变量均应加以限制.在本设计中,采用以下技术指标作为约束条件:

电感值: $(1.025 \sim 1.08)L_0$, L_0 为计算电感值.

负载损耗值:

$$|P_{Iz} - P_{Iz_0}| \leq \Delta P_{Iz_0} \quad (4)$$

式中: P_{Iz_0} 为负载损耗标准值, $\Delta P_{Iz_0} \leq +0.1P_{Iz_0}$.

绝缘温升:

$$\theta_{PI} \leq \theta_{PI_0} \quad (5)$$

式中: θ_{PI} 为平均温升, θ_{PI_0} 为标准平均温升.

电流密度:

$$J \leq 1.8 \text{ A/mm}^2$$

当以上约束条件不满足时,则该方案取消.

2 程序编制

以目标函数为核心,以设计变量、约束条件为基础形成了干式空心电抗器优化设计的支持系

统^[6,7].该系统可完成目标优化设计.电感计算流程如图1所示.干式空心电抗器计算总流程如图2所示.

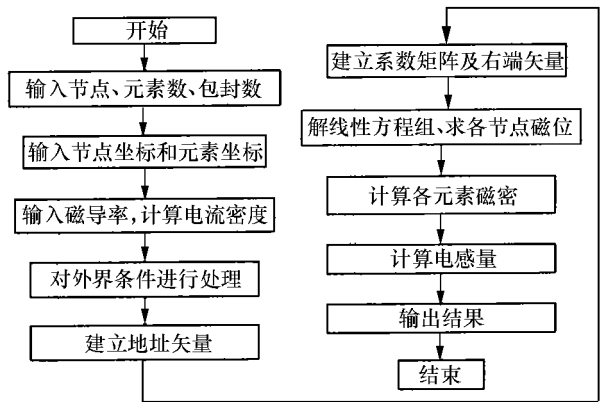


图1 干式空心电抗器电感计算流程图

Fig. 1 Inductance calculation flow chart of dry type hollow reactor

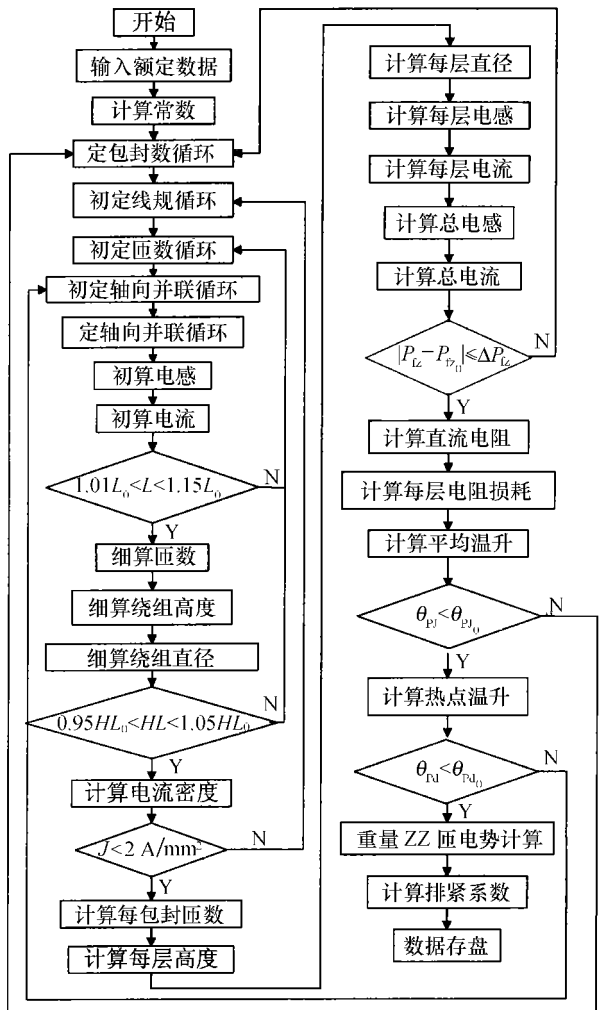


图2 干式空心电抗器程序流程图

Fig. 2 Program flowchart of dry type hollow reactor

3 计算实例

采用以上的能量变换计算方法,对户外干式空心电抗器的电感、损耗、温升进行计算,对于通常的并联电抗器,电抗的允许偏差为±5%。

已知技术参数:额定电压 $U_H = 6 \text{ kV}$,额定电流 $I_H = 150 \text{ A}$,额定电抗百分比 $X_H = 6\%$,电抗器垂直安装,出头夹角为 180° ,导线为铝电缆,截面积 $q = 120 \text{ mm}^2$,并联根数 $m = 1$ 。

额定电感:

$$L_H = \frac{10U_H X_H}{\sqrt{3} \times 2\pi f I_H} = 4.411 \text{ mH}$$

误差为: $\Delta L = 0.5\%$ 。

额定电抗:

$$X_H = 2\pi f L_H = 2\pi \times 50 \times 4.411 \times 10^{-3} \Omega$$

线圈自感计算:

$$L = 105n^2 \left[\frac{D}{2(b+h)} \right]^{0.75} \times 10^{-4} =$$

$$105 \times 955^2 \times 0.81 \times 0.55^{0.75} \times 10^{-4} =$$

$$4.954 \text{ (mH)}$$

线圈互感计算:

$$M = K_M \times n^2 \times D \times 10^{-4} =$$

$$0.63 \times 95.5^2 \times 0.81 \times 10^{-4} =$$

$$0.465 \text{ (mH)}$$

式中: n 为线圈匝数, b, h 为线圈径向和轴向尺寸, D 为线圈平均直径,可以通过已知条件求出。

$$P_{fx} = K_D I_H^2 R =$$

$$1.05 \times 150^2 \times 0.07387 = 1745 \text{ (W)}$$

损耗计算:

$$\Delta P_{fx} = 4\%$$

式中: K_D 为附加损耗系数,取决于导线长度、线圈

电阻等, R 为线圈电阻。

温升计算:

$$\tau = K_\tau \times K_n \times \left(\frac{I_H}{mC_H} \right)^2 =$$

$$100 \times 0.811 \times \left(\frac{150}{390} \right)^2 = 12 \text{ (K)}$$

式中: K_n 取决于安装部位的系数, C_H 由表查出。

4 结论

采用 VB 语言对干式空心电抗器电磁计算系统进行了设计,实践证明该设计方法是可行的。它缩短了设计周期,降低了设计人员的劳动强度,提高了设计效率,与传统的手工计算设计需 5 至 6 个月的时间相比较,现在只需要 5 至 6 h。设计精度大幅度提高,计算误差小于允许的额定偏差 5%,其中电感计算误差为 $\Delta L = 0.5\%$,损耗计算误差为 $\Delta P_{fx} = 4\%$ 。达到了设计的预期效果。

参考文献:

- [1] 徐基泰. 电抗器品种及其发展 [J]. 变压器, 2002, 37(1): 17-21.
- [2] 夏天伟, 闫英敏, 曹云东. 干式空心电抗器电感的计算 [J]. 变压器, 1997, 34(2): 15-20.
- [3] 郑莉平, 陈敬谨. 干式空心电抗器磁通量和电感的计算 [J]. 高压技术, 2002, 28(10): 18-22.
- [4] 张洪斌. 应用 VB 语言开发电磁式电流互感器的计算软件 [J]. 变压器, 2003, 40(4): 15-19.
- [5] 路保民, 朱东柏. 户外干式空心电抗器设计的若干问题 [J]. 变压器, 1997, 34(12): 1-5.
- [6] 刘志刚, 耿英三, 王维平. 干式电抗器设计软件开发与应用 [J]. 电机与控制学报, 2003, 7(2): 104-106.
- [7] 李鹤岐, 陈尔奎, 郝伟. 干式电力变压器 CAD 系统设计 [J]. 甘肃工业大学学报, 2001, 27(2): 13-16.