

铁芯磁化曲线的测试

Test of Magnetization Curve of Iron Core

范浩

Hao Fan

山西互感器电测设备有限公司 中国·山西 太原 030009

Shanxi Transformer Electrical Measuring Equipment Co.,Ltd., Taiyuan, Shanxi, 030009, China

摘要: 互感器、变压器都为电磁产品,铁芯是其材料之一。铁芯磁性能是互感器、变压器产品设计中必要依据。准确测绘在用铁芯实际状态的磁化曲线 B-H 及损耗角 Ψ -H, 是论文研究的重点。设计中可根据上述曲线准确计算出工作状态下励磁电流、铁芯损耗、导磁率、饱和点、互感器误差及误差补偿。通过研究磁化曲线,可获取制造铁芯及铁芯热处理最佳工艺方法,也可提供最优设计选型铁芯结构、材料。

Abstract: Transformer and transformer are electromagnetic products, and the core is one of the main materials. Core magnetic property is the necessary basis in the design of transformer and transformer. The accurate mapping of the magnetization curve B-H and the loss Angle ψ -H of the actual state of the iron core is the focus of this paper. In the design, the excitation current, core loss, permeability, saturation point, transformer error and error compensation can be calculated accurately according to the above curves. By studying the magnetization curve, we can obtain the best process of core manufacturing and core heat treatment, and also provide the optimal design and selection of core structure and material.

关键词: 铁芯磁化曲线; 铁芯磁性能; 铁芯热处理

Keywords: core magnetization curve; core magnetic properties; core heat treatment

DOI: 10.12346/etr.v3i6.3739

1 引言

传统铁芯测试方法是采用电流、电压表测量绕制在被测铁芯上的多点励磁电流和电压值^[1], 通过计算结果绘制 B-H 曲线。此方法无法测量绘制 Ψ -H 曲线^[2]。

论文所述测试方法快捷简便、准确。测试数据输入专用软件即可生成曲线。再将该数据模块嵌入互感器误差计算软件, 又可准确地计算出互感器误差及补偿后的误差。

2 铁芯材料及外形

目前中国互感器行业较多采用的铁芯材料有超非晶 / K107; 坡莫合金 /Ni80M05/Ni79M05; 硅钢片 /DQ130/Z10, 片厚有 0.25/0.27/0.3mm 规格。

根据用途采用的结构形式有: 圆环形(方形/圆截面)、矩形(方形/圆截面)、口字形(方形截面 C 形切开)、日

字形(阶梯截面 C 形切开)。为使铁芯性能不受外力影响, 可在铁芯外表喷硬塑粉漆、浸绝缘漆; 加装非导磁不锈钢、铜和热塑性绝缘护盒, 详见图 1。

3 铁芯磁性能测试工作原理

先在被测铁芯上均匀绕制少许匝数 N_c (10 匝), 再穿入 1 匝 N_1 , 给其 N_c 中提供励磁电流 i_1 , 使铁芯产生磁通。在绕组 N_c 中感应出电势 E_2 , 采用互感器仪器测量其励磁电流 i_1 对应的感应电势。也就是等效为工作电流下测小电压即为: \dot{U}/\dot{I} , 仪器测量读数 $Z=R+jx$ 值。读出 I_1 , R 和 x , 即可算出铁芯磁场强度 H 、磁密 B 和损耗角 Ψ , 绘出磁化曲线。

4 测试线路及计算

测试线路见图 2。

【作者简介】范浩(1974-), 男, 中国山西五寨人, 本科, 高级工程师, 从事机电行业互感器检测研究。

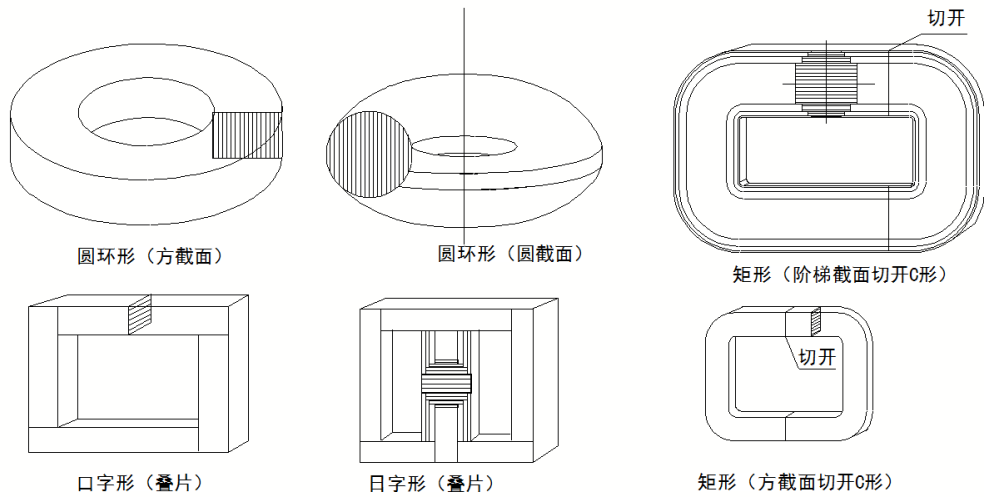


图1 常用铁芯外形

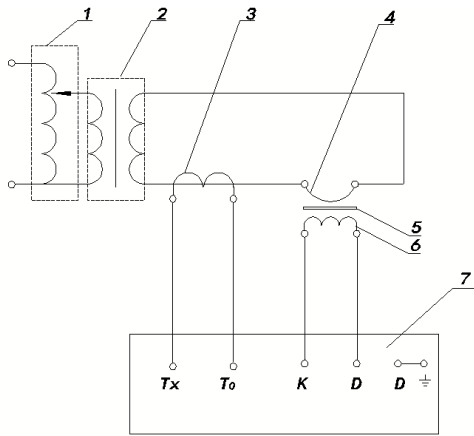


图2 测试线路图

测量铁芯计算出铁芯截面 $S(\text{cm}^2)$ 、平均磁路长度 $L_p(\text{cm})$ 。

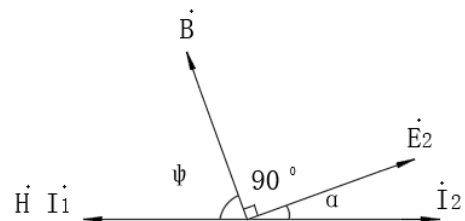
电流互感器电流比 K_n ；仪器读出电流 I_2 、 R 、 X 即可按下式计算出 B 、 H 、 Ψ 值。其测铁芯磁性能向量图见图3

1—调压器；2—升流器；3—电流互感器0.2级；4—被测铁芯的励磁绕组1匝；5—被测铁芯；6—测量绕组；7—铁芯测试仪。

其中， H 为铁芯磁感应强度（ AN/cm ）； K_n 为电流互感器电流比； I_2 为电流互感器二次电流（ A ）； L_p 为铁芯平均磁路长度（ cm ）； Z 为阻抗值 $Z=R+jX(\Omega)$ ； B 为磁场密度（高斯）； N_c 为测量绕组； N_1 为励磁绕组； S 为被测铁芯截面（ cm^2 ）； R 、 X 为测试绕组阻抗值（ Ω ）； K 为叠片系数（0.95~0.97）； E_2 为测量绕组感应电势。

5 绘制 $B-H$ ， $H-\Psi$ 曲线

根据上述数据绘制 $B-H$ 、 $H-\Psi$ 曲线。图4~图7列出了典型的几种曲线。图4、图5为圆环形K-107非晶铁芯 $B-H$ 、 $H-\Psi$ 曲线。图6、图7为矩形Z-10硅钢带 $B-H$ 、 $H-\Psi$ 曲线。



$$H = \frac{K_n I_2 N_1}{L_p} \quad (\text{安匝/厘米}) \quad (1)$$

$$B = \frac{I_2 Z \times 10^{-8}}{222 N_c S K} \quad (\text{高斯}) \quad (2)$$

$$\psi = 90^\circ - \alpha = \text{tg}^{-1} \frac{R}{X} \quad (\text{度}) \quad (3)$$

- 式中： H -铁芯磁感应强度（安匝/厘米）
 K_n -电流互感器电流比
 I_2 -电流互感器二次电流（安）
 L_p -铁芯平均磁路长度（厘米）
 Z -阻抗值 $Z=R+jX$ （欧姆）
 B -磁场密度（高斯）
 N_c -测量绕组
 N_1 -励磁绕组
 S -被测铁芯截面（平方厘米）
 R 、 X -测试绕组阻抗值（欧姆）
 K -叠片系数（0.95~0.97）
 E_2 -测量绕组感应电势

图3 测铁芯性能向量图

6 结语

论文介绍的铁芯磁化曲线的测试、计算、绘制曲线，方便简单。可有效快速获取使用状态的铁芯的磁化曲线，供工程设计人员研究使用。更准确的计算与铁芯磁性能有关的工程数据^[3]。我们通过上述方法也进行了大量的不同铁芯材料及不同形状的铁芯的磁化曲线，论文不再一一列举了。经验证：上述曲线数据有效准确。

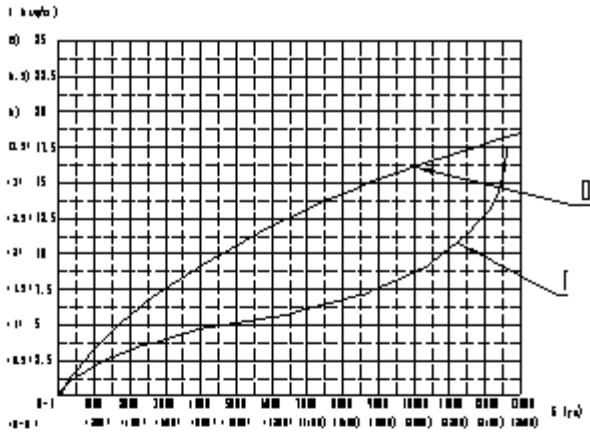


图4 圆环形 K-107 非晶铁芯 B-H 曲线

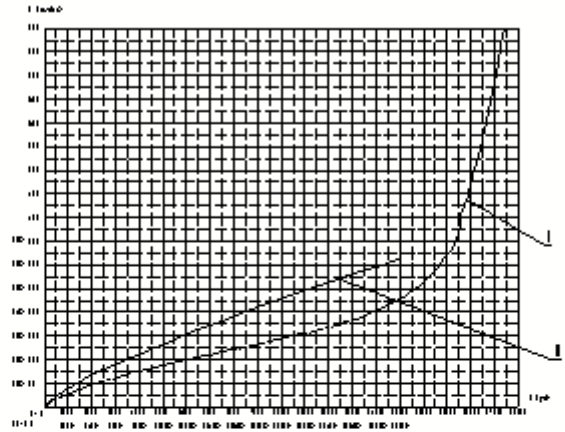


图6 矩形 Z-10 硅钢带 B-H 曲线

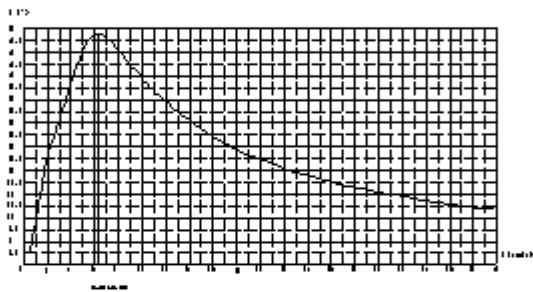


图5 圆环形 K-107 非晶铁芯 H-Ψ 曲线

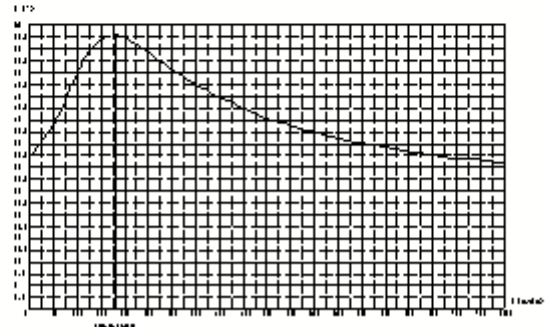


图7 矩形 Z-10 硅钢带 H-Ψ 曲线

参考文献

- [1] 朱元振,刘玉田.基于深度学习直流闭锁判断的高风险连锁故障快速搜索[J].电力系统自动化,2019(22):59.
- [2] 翁汉珺,王胜,林湘宁,等.基于波形相似度的抗电流互感器饱和变压器相位差动保护[J].电力系统自动化,2019,43(4):132-138.
- [3] 左曙光,刘洋,邓文哲.轴向磁通轮毂电机电磁力波灵敏度分析和优化[J].电工技术学报,2018,33(11):2423-2430.

(上接第 125 页)

5 结语

①智能化矿山建设是现代煤炭行业发展的重要趋势，是煤炭改革的标志性建设。煤矿三维透明智能化开采是当今的重要课题，三维透明化地质模型的构建是煤炭实现智能化开采的基础。建设透明化矿山，构建三维地质模型，为智能化矿山精准开采提供全方位的地质保障^[6]。透明化矿山实现了工业广场、井下巷道、采煤设备、传感器等可视化模型的建立，集设备、人员、监测等数据于一体，可以更加方便快捷地查看生产信息、设备运行状态，亦可以对矿井生产实现远程控制。

②系统全面地介绍了矿山三维系统的技术组成，剖析了三维数据获取与建模、机电设备建模及实时工况展示技术、三维透明化管控平台建设等技术发展趋势。

③透明化矿山关键技术的建设与完善是矿山实现安全、

高效、少人或无人开采的必要条件。

参考文献

- [1] 毛善君,崔建军,令狐建设,等.透明化矿管控平台的设计与关键技术[J].煤炭学报,2018,291(12):287-296.
- [2] 田恺,孙元亮,张勤,等.数字化车间规划设计思路及要点浅析[J].自动化应用,2018(4):92-93.
- [3] 王国法,杜毅博.智慧煤矿与智能化开采技术的发展方向[J].煤炭科学技术,2019,47(1):1-10.
- [4] 杨兴科,苗霖田,段中会,等.数字煤矿生产协同管理平台关键技术[J].中国煤炭地质,2019,31(10):86-92.
- [5] 毛善君.“高科技煤矿”信息化建设的战略思考及关键技术[J].煤炭学报,2014,39(8):1572-1583.
- [6] 王国法,赵国瑞,任怀伟.智慧煤矿与智能化开采关键核心技术分析[J].煤炭学报,2019,44(1):34-41.