

# 磁滞材料性能测试简化法

一一七厂 崔万钧

## 前 言

磁滞电机的基本性能, 主要由其转子的有效部份磁滞材料的特性决定。因此, 设计电机必须选好磁滞材料。

磁滞材料性能按YB660—69的规定由以下四个指标衡量:

$H_{\mu}$ —材料最大导磁点的磁场强度;

$B_{\mu}$ —材料最大导磁点的磁感应强度;

$P_{\mu}$ —比磁滞损耗;

$K_{\mu}$ —凸起系数。

上述性能一般采用测试材料基本磁化曲线和磁滞回线的方法求得。 $H_{\mu}$ 及 $B_{\mu}$ 可从磁化曲线上得到,  $P_{\mu}$ 及 $K_{\mu}$ 要计算磁滞回线面积按下式求得:

$$P_{\mu} = S/4\pi \dots\dots\dots (1)$$

$$K_{\mu} = \pi P_{\mu} / H_{\mu} B_{\mu} \dots\dots\dots (2)$$

式中S——磁滞回线面积(高斯·奥斯特)

我厂生产的磁滞电机, 转子采用磁滞材料2J21, 由于尚未摸索出稳定的热处理工艺制度, 为保证电机性能, 要求对热处理后的转子零件逐个测量。由于没有自动测磁滞回线装置, 只有一般的磁性测量仪器, 所以要作出被测材料的磁滞回线只能采取最原始的逐点试验方法(由对应点作迴线)。这样每测一个试件就需要很长的时间, 满足不了电机装配的需要。所以迫切需要寻求一种简便、快速、准确的试验方法, 这就是本文要介绍的简化法。

## 理 论 根 据

简化测试的关键是找到在试验中某一易测的参数代替磁滞回线的面积计算。从有关资料<sup>(2)</sup>介绍和我们用回线方法测量的数据上看,  $P_{\mu}$ 、 $K_{\mu}$ 与材料矫顽力及工作点的磁场 $H_m$ 和磁感应 $B$ 有密切关系。 $H_m$ 、 $B_m$ 的测量简便,  $H_c$ 的测量可以不用划回线而直接从试验中得出, 因此, 可从理论上找到 $P_{\mu}$ 、 $K_{\mu}$ 与 $H_c$ 的关系。

由物理学电磁理论可知: 单位体积介质的磁滞损耗(称比损耗)  $P = \frac{S}{4\pi}$ 。

介质的磁滞回线是介质在退磁过程中磁感应 $B$ 与磁场 $H$ 关系曲线。 $B$ 始终滞后 $H$ 位相角(也称滞后角) $\varphi$ 。

假设磁滞材料(介质)工作时, 磁感应和磁场的变化是正弦变化, 即“

$$B = B_m \sin \omega t$$

$$H = H_m \sin (\omega t + \varphi)$$

磁滞回线面积 $S$ :

$$S = \oint B dH = \pi B_m H_m \sin \varphi$$

$$P = \frac{S}{4\pi} = \frac{1}{4} H_m B_m \sin \varphi \dots\dots (3')$$

$$K = \frac{\pi P}{H_m B_m} = \frac{\pi}{4} \sin \varphi \dots\dots (4')$$

当 $B=0$ 时  $H=H_c$

$$\therefore \sin \varphi = H_c / H_m$$

$$P = \frac{1}{4} P_m H_c \dots\dots\dots (3)$$

$$K = \pi H_c / 4 H_m \dots\dots\dots (4)$$

$B$ 与 $H$ 均按正弦变化实际上是一种特殊情况。一般的 $B$ 、 $H$ 要有畸变, 这样:

如  $B = B_m \sin \omega t$

$$\text{则 } H = \sum_{i=1,3,5,\dots} H_{mi} \sin(i\omega t + \varphi_i)$$

$$S = \oint B dH = \pi B_m H_{m1} \sin \varphi_1 \dots \dots \dots (5)$$

$H_{m1}$  为其波幅值,  $\varphi_1$  为其对应的磁滞角。

把高次谐波忽略不计。

由于磁性材料饱和前的工作区域  $H_{m1}$  和  $H_m$ 、 $\varphi_1$  和  $\varphi$  差异甚小, (5) 式可以近似的写为:

$$S = \pi B_m H_m \sin \varphi$$

这样, 公式 (3) 及 (4) 仍然可以满足一般情况下的磁滞损耗计算。

磁滞电机的最佳磁性工作点一般选在最大导磁率点, 公式 (3) 和 (4) 中的  $H_m$ 、 $B_m$ 、 $H_c$  可以用该点对应的  $H_\mu$ 、 $B_\mu$ 、 $H_{\mu c}$  代入:

$$P_\mu = \frac{1}{4} B_\mu H_{\mu c} \dots \dots \dots (6)$$

$$K_\mu = \pi H_{\mu c} / 4 H_\mu \dots \dots \dots (7)$$

这里必须注意的是  $H_{\mu c}$  为最大导磁率点磁滞回线上的矫顽力, 为区别其他状态下的  $H_c$  而采用符号  $H_{\mu c}$  (图1)。

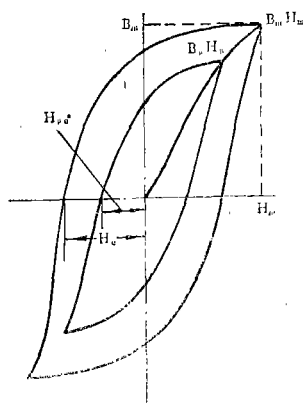


图 1 磁滞回线

## 试验方法及讨论

磁滞性能测量采用直流冲击法在改装了的 1700 型软磁试验台上进行。被测试件为高 23 毫米、外径 21 毫米、内径 19 毫米的圆筒, 绕以磁化和测量线圈。按通常的操作方法先测出基本磁化曲线, 求出最大导磁率点的磁场强度  $H_\mu$  和

磁感应强度  $B_\mu$ , 将试件退磁后再磁化到  $H_\mu$ , 测定矫顽力  $H_{\mu c}$ 。将测得数据代入公式 (6)、(7) 可求得  $P_\mu$  及  $K_\mu$ 。

简化法是近似计算, 但有足够的精确度, 能满足电机设计所要求的数据。试验结果重复性好, 误差影响因素少, 减少繁杂运算, 加快试验周期。

磁滞回线法是测试磁滞材料的原始方法, 点测得越多, 试验结果越准确。但画图和计算回线所围面积, 方法繁杂极易造成误差, 对于工序检验不很适用。

为证明简化法的准确性已做过数百个试件的对比试验。(即对同一试件分别用简化法和磁滞回线法测出  $P_\mu$  和  $K_\mu$  进行比较) 附表 (附在本文后面) 是所得部份数据。

由表可见, 两种方法试验结果是极其近似的。所测出的  $P_\mu$  和  $K_\mu$ , 其误差——绝对误差为 0.05 和 0.005, 符合于 YB660-69 所给数据的精确度。

## 结 束 语

简化法作为磁滞材料性能测试的一种方法, 不用划磁滞回线就能方便、准确、快速地测得磁滞材料性能。这在工序检验中 (零件数量多) 是极其可行的。特别是对于没有自动测试装置而只有一般测磁装置的工厂更为实用, 可提高工效 4~5 倍。

## 参 考 资 料

- [1] YB660-69。
- [2] 磁滞合金手册, 冶金部《磁滞合金》编写组。
- [3] 磁滞电动机理论与设计, 青云仪表厂。
- [4] 磁性测量, 宝成仪表厂。
- [5] 金属与合金物理性能, (苏) Б.Г. 索夫舍茨。
- [6] 磁性材料, (英) F. 肖兰斯福特。

附 表

磁 滞 回 线 法				简 化 法			绝对误差	
$H_{\mu}$	$B_{\mu}$	$P_{\mu} \times 10^5$	$K_{\mu}$	$H_{\mu c}$	$P_{\mu} \times 10^5$	$K_{\mu}$	P	K
142	10750	2.48	0.515	94.0	2.50	0.518	0.02	0.003
131	10700	2.06	0.460	78.0	2.08	0.465	0.02	0.005
127	10700	2.02	0.462	75.5	2.04	0.465	0.02	0.003
126	9500	1.87	0.495	80.6	1.90	0.500	0.03	0.005
125	10750	2.26	0.475	75.5	2.24	0.473	0.02	0.002
118	11400	2.16	0.500	75.0	2.14	0.500	0.02	0
119	10880	1.95	0.475	71.5	1.94	0.470	0.01	0.005
116	9820	1.83	0.505	75.5	1.85	0.510	0.02	0.005
111.5	11200	1.73	0.435	62.0	1.73	0.435	0	0
111.3	9950	1.87	0.520	58.0	1.86	0.520	0.01	0
107.5	11520	1.91	0.488	67.5	1.91	0.485	0	0.003
103	10600	1.54	0.445	57.5	1.53	0.442	0.01	0.003
107	11600	1.96	0.50	67.5	1.95	0.495	0.01	0.005
113	10500	1.82	0.480	69.4	1.82	0.482	0	0.002
117	10180	1.80	0.470	70.5	1.79	0.475	0.01	0.005
119	11400	1.81	0.420	64.6	1.84	0.425	0.03	0.005
123	9850	1.87	0.485	75.6	1.87	0.484	0	0.001
129	10500	2.02	0.468	77.5	2.04	0.470	0.02	0.002
130	10380	2.12	0.505	83.5	2.13	0.505	0.01	0
120.8	10940	1.99	0.475	73.5	2.00	0.475	0.01	0
118.8	10340	1.92	0.490	74.8	1.94	0.494	0.02	0.004

单位: H—奥斯特; B—高斯; P—尔格/厘米<sup>3</sup>·赫

## 会议动态

### 航空橡胶O形密封圈测试方法专题会

为贯彻落实部1978~1985年航空非金属材料测试规划,橡胶O形密封圈测试方法专题会于1978年12月15日在兴平举行。参加会议的有28个单位40多名代表。

会上交流了一年来的研究成果,介绍了国内外橡胶O形密封圈测试方法的发展。621所、112厂、114厂、410厂、572厂、3097厂分别就橡胶O形密封圈的常温及高温强度、伸长率、有效弹性、应力松弛、压缩永久变形、微型硬度、浸油后体积及尺寸变化、空气及

油介质条件老化,以及耐寒性测定方法等作了报告。

会议还邀请西北橡胶研究所同志作了技术报告;参观了有关单位试验室及车间。

与会代表还详细讨论和拟订出1979年度研究项目,并进行了具体分工。研究项目共16项,这些项目完成后,将有一整套航空橡胶O形密封圈的测试方法,能够对橡胶O形密封圈实行质量检验控制,保证航空产品质量。并且可以利用这套方法评选新型材料,以优代劣,加快实现航空橡胶材料“更新一代”的目的。

会议认为,测试方法的建立,关键在于试验设备。一方面需要向国外引进一些先进试验仪器,同时要发挥航空工厂的设计加工能力,重点组织设计加工一批非标准的试验设备。

(朱兆祥)