

电 度 表 与 涡 电 流

邹来智 史延龄 申岳国

(工程兵指挥学院物理室 徐州 221004)

你知道家中的电度表是怎样工作的吗? 要了解这个问题, 我们必须先认识一下涡电流。

当金属块处于变化的磁场中或相对磁场运动时, 由于电磁感应, 会在金属内部产生感生电流, 并形成一圈圈的电流线, 类似流体中的涡旋, 所以称涡电流, 简称涡流。

涡流的机械效应可产生电磁阻尼或用作电磁驱动。电度表正是利用涡流的这一效应来工作的。

图 1 是常用的交流单相电度表的结构示意

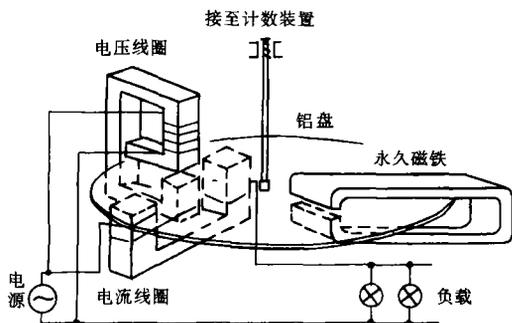


图 1

图。为了清楚起见, 我们不妨将整个结构分为三个部分: 驱动部分、阻尼部分、计数部分。

驱动部分是使电度表运转的动力装置, 由固定的电压线圈, 电流线圈和可动的铝盘组成。电压线圈与负载并联, 始终承受着全部的电源电压(通常为 220V 的交流电压)。由于电压线圈的匝数很多, 导线很细, 具有很大的阻抗, 近似于开路, 因而尽管它始终是导通的, 也只消耗极少的电能。电流线圈与负载串联, 通过全部的负载电流, 且只在负载使用时才有电流通过。其线圈匝数很少, 导线很粗, 阻抗很小, 用户使用负载时电流线圈本身的能耗极少。铝盘可绕转轴转动, 并通过蜗杆将转动传给计数装置。

下面看看铝盘是怎样在涡电流的驱动下转动的。设电压线圈产生的磁通为 Φ_U , 某一时刻它自下而上穿过铝盘, 量值在减少。在铝盘中会感应出逆时针方向的涡电流 i_v , 如图 2 所示。若用户没有使用负载, 电流线圈无电流, 铝盘上只有 Φ_U 及由它引起的涡流 i_v , 此时铝盘是不转

纪念丹麦物理学家 N. 玻尔在原子结构理论和互补原理方面的特殊贡献, 赋各为 Bh (N. 玻尔的儿子 A. 玻尔也是著名的核物理学家)。

在 1984 年和 1982 年, 前联邦德国达姆斯塔特重离子研究所 G. 明岑贝格等人用加速的铁 (Fe) 离子分别轰击铅和铋靶时合成了均属 VIII B 族的 108 号元素 Hs 和 109 号元素 Mt。值得注意的是先合成了 109 号元素, 为纪念瑞典女科学家 L. 迈特纳在放射性物质研究工作中的杰出成就, (尤其是发现铀核的裂变) 被命名为 Mt。

发现与合成重元素通常使用中子辐照重元素和利用加速的重离子轰击重元素靶两种方法。由于重元素同位素的半衰期较短, 以致大多数在其继续俘获中子之前就衰变掉了, 即便

使用高通量反应堆也难以继。因此, 目前所合成的原子序数超过 100 的核素都是由加速的重离子轰击重元素靶制成, 这些核素都是放射性的。原来认为, 原子序数更高的元素将变得越来越不稳定, 其合成工作会越来越困难。但在 60 年代末, 核物理学家们预言, 第 114 号元素的同位素(质量数约为 298)可能会特别稳定, 并称此区域为稳定岛。据报道, 1996 年已合成了 111 和 112 号元素, 相距理论预测的 114 号稳定元素已不远。114 号元素的化学性质可能与铅类似。天然放射性钍系 ($4n$)、铀系 ($4n + 3$) 和铀系 ($4n + 2$) 的最终产物都是稳定的铅同位素。114 号元素在这点上与铅是否也有某种相似性?

的。当用户使用负载时,电流线圈有电流通过,从而产生电流线圈的磁通,它两次穿过铝盘。设自下而上穿过铝盘的磁通为 Φ_i ,自上而下穿过铝盘的磁通为 Φ'_i ,如图2所示。容易判断,涡流 i_U 在磁通 Φ_i 和 Φ'_i 的作用下,受到向左的

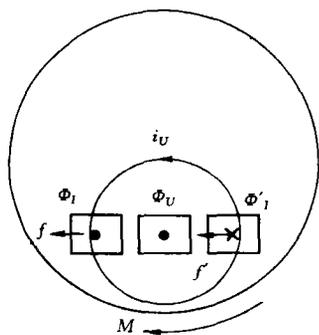


图 2

磁力 f 和 f' 。 f 和 f' 对铝盘转轴的力矩 M ,使铝盘顺时针转动。

当然,电流线圈的磁通 Φ_i 和 Φ'_i 同样会在铝盘中感应出涡电流 i_i 和 i'_i ,如图3所示。 i_i 和 i'_i 在电压磁通 Φ_U 的作用下,同样会产生使铝盘转动的转矩 M' 。从图3看出,转矩 M' 与 M 相反,是使铝盘逆时针转动的。 M 与 M' 的差值便是

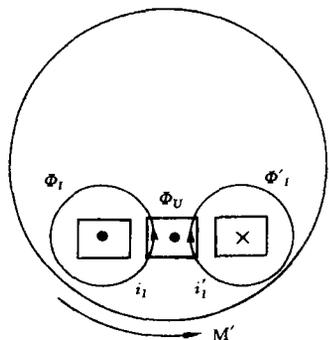


图 3

使铝盘转动的合力矩 $M_{\text{转}}$ 。理论计算表明,合力矩 $M_{\text{转}}$ 与负载功率 P 成正比,即 $M_{\text{转}} = K_1 P$ 。

阻尼部分是稳定铝盘转速的装置,由永久磁铁和铝盘两个元件组成。根据转动定理,铝盘在 $M_{\text{转}}$ 作用下,将作加速转动。这样在负载功率一定的情况下,铝盘的转速却是越来越快

的。当安装了永久磁铁后,情况就不同了。图4画出了永久磁铁穿过铝盘的磁通 Φ_M 。当铝盘在 $M_{\text{转}}$ 作用下逆时针旋转时,它将切割永久磁铁的磁通 Φ_M ,会产生图4所示的涡电流 i_M 。 i_M 在 Φ_M 的作用下受到向左的磁力 f ,使铝盘受到与转动方向相反的阻尼力矩 $M_{\text{阻}}$ 。 $M_{\text{阻}}$ 与转速成

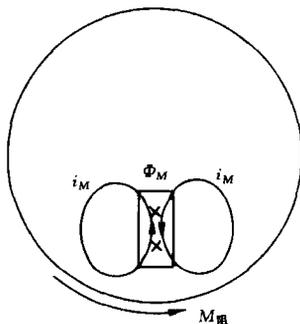


图 4

正比,即 $M_{\text{阻}} = K_2 \omega$ 。当 $M_{\text{阻}} = M_{\text{转}}$ 时铝盘作匀速转动。此时有 $K_1 P = K_2 \omega$,所以 $\omega = K_1 P / K_2 = KP$ 。上式说明,铝盘的转速与功率成正比,可以用铝盘转过的圈数来计量用户使用的电能。

设用户使用功率为 P 千瓦的负载 t 小时,则有 $\omega t = KPt$ 。设 N 为 t 时间内铝盘所转的圈数, W 为 t 时间内负载所耗的电能,则又有 $2\pi N = KW$ 。所以 $N = KW / 2\pi = K' W$ 。其中 $K' = N / W$ 称为电表常数,它反映了负载每耗一度电(千瓦小时)铝盘转动的圈数,如 $K' = 2400$ (转/千瓦小时)等。根据电度表标出的电表常数和所用负载的功率,你就能粗略地评估一下家中的电度表是否准确。

计数部分是累计铝盘转动圈数的装置,由蜗轮、蜗杆和计数器组成,这里就不作详细介绍了。

由上述可见,涡电流在电度表工作中起着非常关键的作用。应该指出,涡电流在电度表中也有不利的一面,这就是它的热效应会耗去一些电能。电度表中两个线圈的铁芯都是由硅钢片迭压而成的,目的就是限制涡流在铁芯中产生,减少能耗。