

多回路电磁计算法则

The Law of Multi-Loops EM Calculation

沈永福

苏州康开电气有限公司

中图分类号: TM4 文献标识码: B 文章编号: 1606-7517(2015)08-1-116

我们在科研与生产实践中所碰到的磁路问题, 通常根据要求设计成各式各样的磁路结构, 并且除了单回路外还有多回路结构, 我们设计的是电磁回路当然要涉及到电磁计算, 如果我们只用环路安培定律和电磁感应定律就可能很不方便, 或者无法进行分析和计算。为了计算多回路结构之磁路, 我们制定了磁路并联计算法则以利于分析和计算。

图 1 是由一个励磁线圈和两个互感线圈组成的磁路。可简化成图 2 所示, 在这个磁路中 ad、be、cf 三段没有分支磁路(叫做支路)。b 点和 e 点是三条支路相汇合的交点, 叫做节点。下面我们用实验说明连接在同一节点上的几条支路中磁通以及磁路长度的关系。

我们按图 3 所示的磁路做一个实验。在各支路中分别接入示波器探头, 如图 4 所示。如果铁心的截面积是

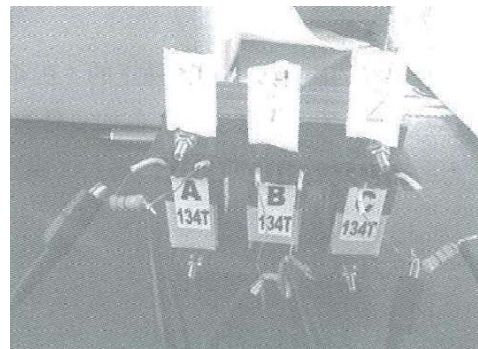


图 3

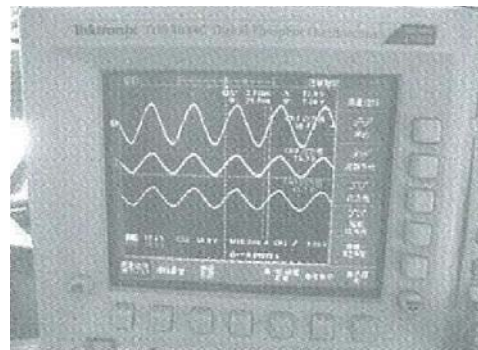


图 4

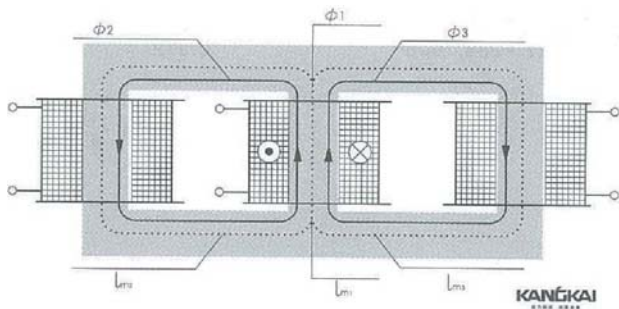


图 1

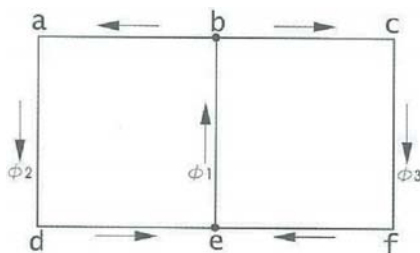


图 2

7.49 平方厘米, 三个线圈匝数均为 134 匝, 磁路长度 L_{m1} 、 L_{m2} 的有效长度均是 18.16 厘米, 接入电源电压 $U(E_1)$ 为 30.4V, 测得互感线圈的电动势分别是 E_2 15.3V 和 E_3 15.1V。

根据各支路磁通的实际方向可以看出, 磁通 Φ_1 是流入节点 b 的, 而磁通 Φ_2 和 Φ_3 是从节点 b 流出的, 从所测得的数据可看出:

$$\begin{aligned} \Phi_1 &= \Phi_2 + \Phi_3 \\ \Phi_1 &= \frac{E_1}{4.44 \cdot f} \\ \Phi_2 &= \frac{E_2}{4.44 \cdot f} \end{aligned} \quad (1)$$

$$\Phi_3 = \frac{E_3}{4.44 \cdot f \cdot N} \quad (2)$$

式中： Φ_1 —励磁线圈磁通 wb (中柱 B)；

Φ_2 —互感线圈磁通 wb (边柱 c)；

Φ_3 —互感线圈磁通 wb (边柱 A)；

E_1 —励磁线圈电源 V；

E_2 —互感线圈电源 V；

E_3 —互感线圈电源 V；

N—励磁线圈、互感线圈的匝数 (134 匝)；

f—励磁电源的频率 (50Hz)

从这里我们可以得到一个结论：流入节点的磁通等于从该节点流出的磁通。根据式 1 加以变换，可以得到：

$$\Phi_1 - \Phi_2 - \Phi_3 = 0 \quad (3)$$

这个公式说明如果把流入节点 b 的磁通 Φ_1 看作是正的 (在 Φ_1 前加正号)，那么从节点 b 流出的磁通 Φ_2 和 Φ_3 就应该是负的 (在 Φ_2 、 Φ_3 前加负号)。这样就可以用一个普遍的公式表达出来，把它叙述为：在磁路的任一节点上，流入 (或流出) 节点的磁通的代数和恒等于零。

$$\sum \Phi = 0 \quad (4)$$

由此得磁路节点简化图如图 5 所示

通过以上测量分析还可以发现等效磁路长度及磁阻与磁通的关系，根据图 4 所测得数据发现 Φ_2 比 Φ_3 大 1.3%，因为 $\Phi = \Theta / R_m$ ，这说明 L_{m2} 与 L_{m3} 的磁阻不相等，由此可得式 5 磁阻 R_m

$$\Phi_1 = \frac{\Theta}{R_{m1}}$$

$$\Phi_2 = \frac{\Theta}{R_{m2}}$$

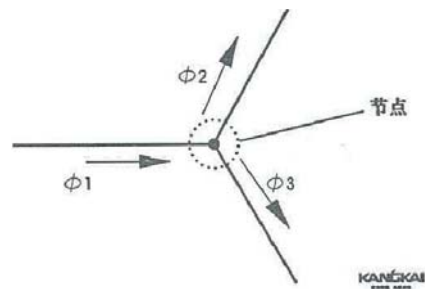


图 5

$$\Phi_3 = \frac{\Theta}{R_{m3}} \quad (5)$$

磁阻 R_m $R_m = \frac{\Theta}{\Phi} \quad (6)$

$$R_m = \frac{\rho_m}{S} \cdot L_m \quad (7)$$

$$R_{m2} = \frac{\rho_m}{S} \cdot L_{m2} \quad (8)$$

$$R_{m1} = \frac{R_{m2} \cdot R_{m3}}{R_{m2} + R_{m3}} \quad (9)$$

式中： Θ —励磁线圈磁动势 (IN)；

R_m —磁回路之磁阻 (ΩS)；

L_m —磁回路之等效长度 (CM)；

ρ_m —磁阻率 (CM^2/M) 之磁阻；

S—磁路截面积 (CM^2)；

由式 5 至式 8 推导可得 L_{m1} 的等效磁路长度是 L_{m2} 与 L_{m3} 的并联之和，即

$$L_{m1} = \frac{L_{m2} \cdot L_{m3}}{L_{m2} + L_{m3}} \quad (10)$$

根据分析和计算得知 1.3% 磁通量偏差是由于两铁心柱 EI 片加工偏差和装配时极小的空气隙之磁阻影响所至。

(转载)