

极化磁系统的分析与计算

刘陵顺¹, 梁慧敏², 刘茂恺²

(1. 海军航空工程学院, 山东 烟台 264001; 2. 哈尔滨工业大学, 黑龙江 哈尔滨 150001)

摘要: 对几种典型极化磁系统的气隙磁通工作点进行了分析与计算, 总结了统一计算式, 对一组工作气隙的电磁吸力进行了推导, 并且对磁保持继电器和极化电磁继电器的工作机理进行了分析。

关键词: 极化磁系统; 气隙磁通; 电磁吸力

中图分类号: TM15 文献标识码: A 文章编号: 1003-4897(2001)10-0019-03

1 引言

极化磁系统是一种含永久磁铁的磁系统。它以其功耗低、灵敏度高、体积小、重量轻等独特优点在航空、航天、电话、汽车等继电器产品中得到日益广泛的应用。因此对极化磁系统的研究越来越受到重视。本文利用等效磁路的方法, 对几种典型的极化磁系统的气隙工作点进行了分析与计算, 并利用麦克斯韦公式对一组气隙的继电器衔铁的电磁吸力进行了计算, 利用推导的结果对磁保持继电器和极化电磁继电器的工作机理进行了分析。

2 极化磁系统的分析与计算

典型的极化磁系统分为差动式与桥式两种, 下面分别进行讨论。

2.1 差动式磁系统

典型的差动式磁系统的结构与等效磁路图如图1所示。

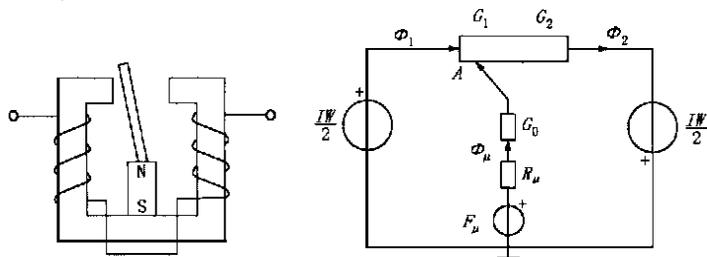


图1 差动式磁系统结构与等效磁路

利用节点分析法, 可得:

$$U_A = \frac{\frac{IW}{2} G_1 + F_\mu G_i - \frac{IW}{2} G_2}{G} \quad (1)$$

假定 $k = F_\mu G_i$ 为永磁体等效短路磁通,

则:

$$U_A = \frac{k + \frac{IW}{2} G_1 - \frac{IW}{2} G_2}{G_\Sigma} \quad (2)$$

由左回路列节点方程式:

$$G_1^{-1} + U_A = \frac{IW}{2} \text{ 可得气隙磁通工作点:}$$

$$1 = \frac{G_1}{G_\Sigma} \left[\frac{IW}{2} (2G_2 + G_i) - k \right] \quad (3)$$

$$2 = \frac{G_2}{G_\Sigma} \left[\frac{IW}{2} (2G_1 + G_i) + k \right] \quad (4)$$

其中:

$$G_i = (G_0^{-1} + R_\mu)^{-1} \text{ 为永磁支路等效磁导,}$$

$$G_\Sigma = G_1 + G_2 + G_i.$$

2.2 桥式磁系统

典型的桥式磁系统根据激磁线圈的位置不同, 可分为两类。第一类的结构图与等效磁路如图2所示。

列写节点方程:

$$\begin{cases} U_A G_\Sigma - U_B (G_1 + G_2) = -F_\mu G_i - \frac{IW}{2} G_1 \\ -U_A (G_1 + G_2) + 2U_B (G_1 + G_2) = \frac{IW}{2} G_1 + \frac{IW}{2} G_2 \end{cases} \quad (5)$$

解得:

$$U_B = \frac{1}{G_\Sigma + G_i} \left[\frac{IW}{2} (G_2 + G_i) - k \right] \quad (6)$$

由此可得磁通工作点:

$$1 = U_B G_1 = \frac{G_1}{G_\Sigma + G_i} \left[\frac{IW}{2} (G_2 + G_i) - k \right]$$

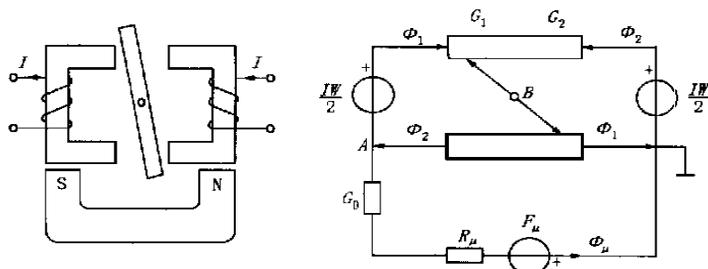


图2 第一类桥式磁系统的结构及等效磁路

$$I_2 = \left(\frac{IW}{2} - U_B \right) G_2 = \frac{G_2}{G_\Sigma + G_i} \left[\frac{IW}{2} (G_1 + G_i) + k \right] \quad (7)$$

第二类桥式磁系统的结构及等效磁路图如图 3。

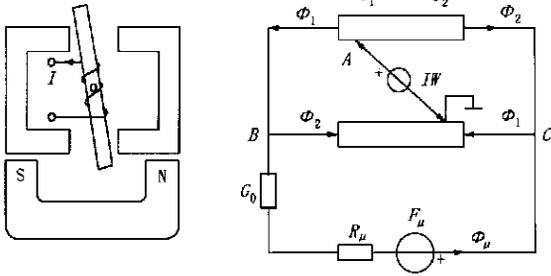


图 3 第二类桥式磁系统的结构及等效磁路

列写节点方程：

$$\begin{cases} U_A = IW \\ -U_A G_1 + U_B G_\Sigma - U_C G_i = F_\mu G_i \\ -U_A G_2 - U_B G_i + U_C G_\Sigma = -F_\mu G_i \end{cases} \quad (8)$$

解得：

$$U_C = \frac{1}{G_\Sigma + G_i} [IW(G_2 + G_i) - k]$$

可求气隙磁通：

$$I_1 = U_C G_1 = \frac{G_1}{G_\Sigma + G_i} [IW(G_2 + G_i) - k]$$

$$I_2 = (U_A - U_C) G_2 = \frac{G_2}{G_\Sigma + G_i} [IW(G_1 + G_i) + k] \quad (9)$$

将上述计算结果总结如表 1：

表 1

磁系统	差动磁系统	桥式磁系统		
		一型	二型	
网络与正方向	1. I_1 与 I_2 按 IW 的正方向设定；	2. $I_2 = I_1 + I_\mu$ ；	3. F_μ 与 I_μ 同向；	
基本参量	$G = G_1 + G_2$ ； $G_i = (G_0^{-1} + R_\mu)^{-1}$ ； $G_\Sigma = G + G_i$ ； $G = G_1 - G_2$ ； $k = F_\mu G_i$ ；			
统一计算式	$I_1 = \frac{G_1}{\sum G} (F_\mu G_a - k)$ ； $I_2 = \frac{G_2}{\sum G} (F_\mu G_b + k)$			
参量	气隙磁通	$\sum G$	G_Σ	$G_\Sigma + G_i$
		F_l	$IW/2$	
		G_a	$2G_2 + G_i$	$G_2 + G_i$
		G_b	$2G_1 + G_i$	$G_1 + G_i$

3 一组工作气隙的衔铁工作吸力

一组工作气隙模型如图 4 所示。P 为电磁吸力。利用麦克斯韦公式，计算衔铁电磁吸力为：

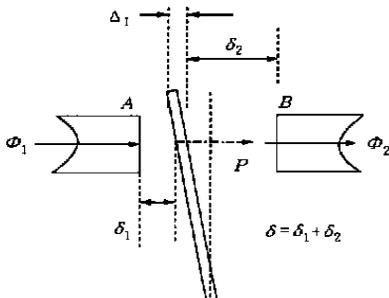


图 4 一组工作气隙模型

$$P = \frac{1}{2\mu_0 S} \left(\frac{I_2^2}{2} - \frac{I_1^2}{2} \right) \quad (10)$$

利用上表中的气隙磁通的统一表达式代入上式：

$$P = \frac{1}{2\mu_0 S} \left[\left(\frac{G_2}{\sum G} \right)^2 (F_l G_b + k)^2 - \left(\frac{G_1}{\sum G} \right)^2 (F_l G_a - k)^2 \right] \quad (11)$$

整理得：

$$P = \frac{I^2}{2\mu_0 S} \frac{G(-G)}{(\sum G)^2} + \frac{k F_l G_0^2 G_2 G_b + G_1^2 G_a}{\mu_0 S (\sum G)^2 G_0^2} + \frac{(F_l G_0)^2 G_2 G_b - G_1^2 G_a}{2\mu_0 S (\sum G)^2 G_0^2} = P_\mu + P_{\mu l} + P_l \quad (12)$$

式中： $G_0 = \frac{G_1 G_2}{G_1 + G_2}$ 为气隙磁导。

$P_\mu = \frac{I^2}{2\mu_0 S} \frac{G(-G)}{(\sum G)^2}$ 为永磁吸力，即 $IW = 0$ 时的吸力；

$P_{\mu l} = \frac{k F_l G_0^2 G_2 G_b + G_1^2 G_a}{\mu_0 S (\sum G)^2 G_0^2}$ 为极化吸力，与 IW 的极性有关；

$P_l = \frac{(F_l G_0)^2 G_2 G_b - G_1^2 G_a}{2\mu_0 S (\sum G)^2 G_0^2}$ 为电磁吸力。三种电磁吸力随行程变化情况如图 5 所示。

由图 5 可见， P_μ 与永磁磁势的平方成正比，与

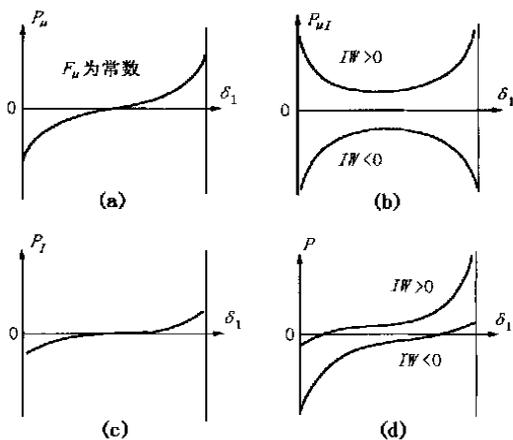


图5 电磁吸力随行程变化情况

激磁线圈安匝数无关,称之为永磁吸力; P_I 只与激磁线圈安匝数的平方成正比,称之为电磁力,在极化磁系统中很小,可忽略; $P_{\mu I}$ 方向取决于激磁线圈电流的极性,大小与激磁线圈安匝和永磁磁势的乘积成正比,这正是极化磁系统与电流方向有关的原因,在一定电流下,合力 P 大于簧片机械反力时,衔铁吸合,反之,衔铁释放,改变电流方向,衔铁向相反方向运动,故 $P_{\mu I}$ 为极化力。

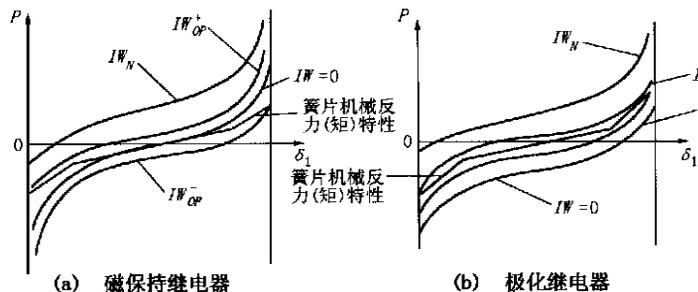


图6 极化继电器电磁吸力与机械反力的配合关系

利用上述结论,对极化继电器的工作原理进行分析。图6为磁保持继电器和极化电磁继电器的电磁吸力与机械反力的配合关系。

由图6(a),衔铁处于两个极限位置时,当 $IW = 0$

时,当行程 $\delta_1 > \frac{1}{2}$ 时,电磁吸力大于机械反力,当 $\delta_1 < \frac{1}{2}$ 时,电磁吸力小于机械反力,因此衔铁在两个极限位置均为稳定状态。当 $IW = IW_{OP+}$ 时,电磁吸力均高于机械反力,衔铁由 A 极限位置向 B 位置运行,并在 B 处稳定下来。当 $IW = IW_{OP-}$ 时,电磁吸力均低于机械反力,衔铁由 B 极限位置向 A 位置运行,并在 A 处稳定下来。

由图6(b),极化电磁继电器采用磁偏技术,使 $IW = 0$ 时电磁吸力低于机械反力,衔铁在 A 处稳定;当 $IW = IW_{OP}$ 时,电磁吸力均高于机械反力,衔铁由 A 极限位置向 B 位置运行,并在 B 处稳定下来。当 $IW = IW_L$ 时,电磁吸力均低于机械反力,衔铁由 B 极限位置向 A 位置运行,并在 A 处稳定下来。

4 结论

极化磁系统中包含两个彼此无关的磁势:极化磁势和工作磁势。前者由永磁体产生,与激磁线圈电流的状态无关;而后者是由激磁线圈电流产生的。它们的合成电磁力使衔铁动作。在已知磁感应分布的条件下,或者假定磁感应是均匀分布时,例如在工作气隙较小时,磁感应扩散现象可以忽略,采用麦克斯韦公式计算电磁吸力是十分方便的。

参考文献:

- [1] 任耀先,等. 自动电磁元件. 哈尔滨工业大学, 1963.
- [2] 张冠生. 电器理论基础. 北京:机械工业出版社, 1990.
- [3] 梁慧敏. 用磁压模型分析极化磁系统的工作原理. 机电元件, 1997, (6).

收稿日期: 2001-03-19

作者简介: 刘陵顺(1969-),男,讲师,主要从事电机、低压电器方面的教学与研究工作。

The analysis and calculation for polarized magnetic system

LIU Ling-shun¹, LIANG Hui-min², LIU Mao-kai²

(1. Naval Aeronautical Engineering Academy, Yantai 264001, China; 2. Harbin Institute of Technology, Harbin 150001, China)

Abstract: The work points of the air magnetic flux for the typical polarity systems are analysed and calculated in this paper. The unite calculation expressions are sum up. The electromagnetism attractive force for one group work air is deduced. The work mechanism for the magnetic hold relay and polarized relay are analysed.

Keywords: polarized magnetic system; air magnetic flux; electromagnetism attractive force