

## 交流电机旋转磁场图示实验研究

蒋惠忠<sup>1</sup>,楼天良<sup>2</sup>,单建奋<sup>1</sup>

(1. 浙江科技学院 信电系, 浙江 杭州 310012; 2. 浙江省东阳电视大学, 浙江 东阳 322100)

**摘 要:**介绍了一种用测量三相交流电机三相电压来得到旋转磁场图形的方法,给出了系统结构及实验结果.

**关键词:**三相电机; 旋转磁场; 测量方法

**中图分类号:** TM301

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1008-7680(2001)04-0004-03

三相交流电机通以三相对称交流电时,产生的磁场是旋转磁场,且它的磁场幅值不变,其轨迹是圆形的,因此称为圆形旋转磁场.在电源电压不对称或电源电压波形为非正弦波时,旋转磁场是非圆形的.旋转磁场是一个比较抽象的概念,电机旋转磁场的性质对电机性能有很大影响.借助旋转磁场图示仪,可以比较直观地观察旋转磁场的情况,可用于教学和科研.

### 1 基本原理

根据分析,可知电机的电压平衡方程为

$$\dot{U}_1 = -\dot{E} + \dot{I}_1 Z_1$$

可见外加电压与绕组反电势及漏阻抗上的压降相平衡.当忽略漏阻抗压降时,有

$$\dot{U}_1 = -\dot{E}_1 \quad (\text{式中 } U_1 \text{ 为电压, } E_1 \text{ 为电动势})$$

也可写成瞬时值表达式

$$U_1 = e_1$$

而电动势和磁通的关系为

$$e_1 = w \frac{d\phi}{dt}$$

式中:  $w$  为绕组有效匝数,  $\phi$  为磁通.

电机磁场是由磁动势产生的.根据电机时空矢量图,合成磁动势  $F$  与合成磁通相量的变化轨迹反映了旋转磁场的变化轨迹<sup>[1]</sup>.

三相电机三相绕组是对称的,空间相差  $120^\circ$  电角度,设与  $A$ 、 $B$ 、 $C$  三相绕组交链的磁通分别为  $\phi_a$ 、 $\phi_b$ 、 $\phi_c$ ,则三相磁通叠加就是电机的合成磁

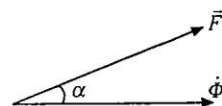


图1 时空矢量图

收稿日期:2001-07-16

作者简介:蒋惠忠(1963-),男,浙江东阳人,浙江科技学院信电系副教授,硕士,1998年赴德国明斯特应用科学大学进修,主要从事电机及控制方面的研究.

通,取一正交坐标系  $\alpha$ 、 $\beta$ ,将  $\phi_a$ 、 $\phi_b$ 、 $\phi_c$  分解为两个正交分量  $\phi_a$ 、 $\phi_\beta$ <sup>[2]</sup>,

$$\phi_a = \phi_a - \phi_b \sin 30^\circ - \phi_c \sin 30^\circ = \phi_a - \frac{1}{2}(\phi_b + \phi_c) \quad \phi_\beta = \phi_b \cos 30^\circ - \phi_c \cos 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2}(\phi_b - \phi_c)$$

以上两式用矩阵形式表示如下:

$$\begin{bmatrix} \phi_a \\ \phi_\beta \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & -\frac{1}{2} & -\frac{1}{2} \\ 0 & \frac{\sqrt{3}}{2} & -\frac{\sqrt{3}}{2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \phi_a \\ \phi_b \\ \phi_c \end{bmatrix} = [A] \begin{bmatrix} \phi_a \\ \phi_b \\ \phi_c \end{bmatrix}$$

式中  $[A]$  称为坐标变换矩阵.

根据电压、电动势、磁通之间的关系,可得,

$$\begin{bmatrix} u_a \\ u_b \\ u_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} e_a \\ e_b \\ e_c \end{bmatrix} = w \frac{d}{dt} \begin{bmatrix} \phi_a \\ \phi_b \\ \phi_c \end{bmatrix} = w [A]^{-1} \frac{d}{dt} \begin{bmatrix} \phi_a \\ \phi_\beta \end{bmatrix}$$

则有

$$\frac{d}{dt} \begin{bmatrix} \phi_a \\ \phi_\beta \end{bmatrix} = \frac{1}{w} [A] \begin{bmatrix} u_a \\ u_b \\ u_c \end{bmatrix} = \frac{1}{w} \begin{bmatrix} u_a - \frac{1}{2}(u_b + u_c) \\ \frac{\sqrt{3}}{2}(u_b - u_c) \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} \phi_a \\ \phi_\beta \end{bmatrix} = \frac{1}{w} \begin{bmatrix} \int (u_a - \frac{1}{2}(u_b + u_c)) dt \\ \int \frac{\sqrt{3}}{2}(u_b - u_c) dt \end{bmatrix}$$

检测三相电压  $u_a$ 、 $u_b$ 、 $u_c$  信号,进行加、减、比例和积分运算,得到  $\phi_a$  和  $\phi_\beta$ ,因为  $\phi_a$  和  $\phi_\beta$  是两个正交的分量,如果将这两个信号分别输入示波器的 X、Y 通道,其显示的图形反映了其合成磁通,由此可以看到合成磁通相量的近似变化轨迹图,这个图形在一定程度上反映了旋转磁场轨迹.

## 2 系统的实现

硬件框图如图 3 所示.输入三相电压信号,这个信号可由电机电压通过电阻分压直接输入.通过比例运算、加减运算电路和积分运算电路,得到  $\phi_a$  和  $\phi_\beta$ .运算电路用四个运算放大器构成,其中 U2A 和 U4A 与 R6、C1、R11、C2 构成积分电路.

U1A 和 U3A 与外围电路和构成比例加减运算电路,参数满足如下要求.

$$R3 = R4 = 2R1; R2 = R5 = R9 = R10; R11 = R6; C1 = C2; R7 = R9 = \frac{2}{\sqrt{3}} R1; R3 \gg R5$$

可以分析,运算放大器 U2A 和 U4A 输出信号分别为

$$K(u_a - \frac{1}{2}(u_b + u_c)) \quad K\frac{\sqrt{3}}{2}(u_b - u_c)$$

式中,  $K \approx 2R5/R3$

通过比例加减运算电路和积分运算电路,

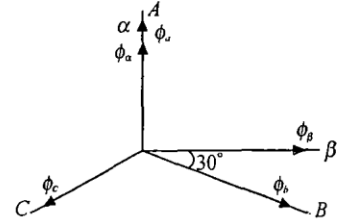


图2 磁通的分解

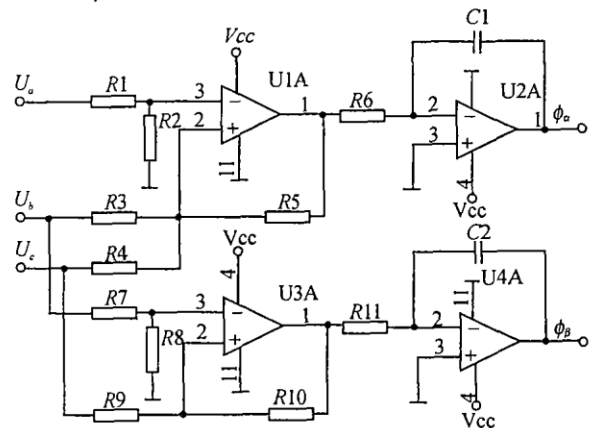


图3 系统原理图

得到  $\phi_a$  和  $\phi_\beta$ . 输出信号接到示波器上  $X$ 、 $Y$  通道, 显示旋转磁场图形. 当电机加三相对称正弦电压时,  $\phi_a$  和  $\phi_\beta$  大小相等, 其图形是圆, 称为圆形旋转磁场. 否则, 其图形就不是圆.

### 3 实验结果

利用图示仪对不同电源供电的电机磁场波形进行了检测, 结果如图 4. 图中 a、b、c 分别是阶梯波、正弦波脉宽调制 SPWM 和对称正弦电源供电时的电压波形和旋转磁场波形.

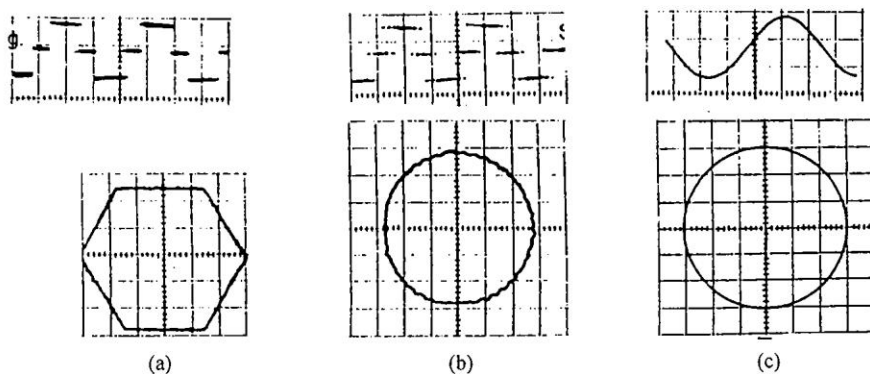


图 4 旋转磁场波形

实验结果表明, 图示仪可直观观察旋转磁场情况. 可应用于电机学等课程的教学和科研中.

#### 参考文献:

- [1] 许大中. 电机控制[M]. 杭州: 浙江大学出版社, 1995. 48 - 104.
- [2] 刘宗富. 电机学[M]. 北京: 冶金工业出版社, 1996. 140 - 165.

## Experimental research on the indication of magnetic field in a three-phase electrical machine

JIANG Hui-zhong<sup>1</sup>, LOU Tian-liang<sup>2</sup>, SHAN Jian-feng<sup>1</sup>

(1. Zhejiang University of Science and Technology, Hangzhou 310012, China;

2. Dongyang College, Zhejiang Television University, Dongyang 322100, China)

**Abstract:** This paper introduces a method to indicate magnetic field of a three-phase electrical machine by means of measurement of the voltage, it gives the construction of the system and the experimental results.

**Key words:** three-phase machine; magnetic field; measuring method