

永磁同步电动机运行状态的判别方法

米春亭 薄保中(西安石油学院)
蒋宗荣 罗 兵(西北工业大学)

1 永磁同步电动机的运行状态

永磁同步电动机运行状态有两种含义:

a. 容性与感性:以电压和电流的相位关系判别,电流超前于电压,则电机运行在容性状态,电流落后于电压,则电机运行在感性状态。

b. 去磁与助磁:以纵轴电枢反应作用的性质判别,纵轴电枢反应电势与空载电势 E_0 反向时,起去磁作用,反之,起助磁作用。

如规定功角 θ 恒为正, I 超前于 U 时功率因数角 φ 为负, I 落后于 U 时 φ 为正。 I 超前于 E_0 时 ψ 为负, I 落后于 E_0 时 ψ 为正,则 φ 及 ψ 都为正时的矢量图如图 1 所示。

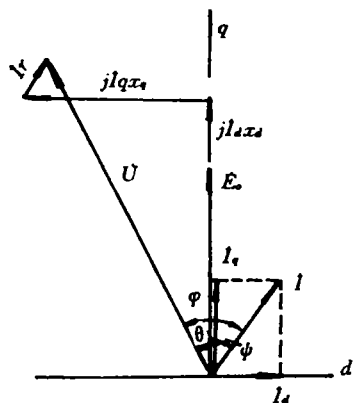


图 1 永磁同步电机矢量图

由图 1 可列出如下方程组:

$$\begin{cases} E_0 + I_d X_d + I_q r = U \cos \theta \\ I_q X_q - I_d r = U \sin \theta \end{cases} \quad (1)$$

求解得:

$$\begin{cases} I_d = \frac{(U \cos \theta - E_0) X_q - r U \sin \theta}{r^2 + X_d X_q} \\ I_q = \frac{(U \cos \theta - E_0) r + X_d U \sin \theta}{r^2 + X_d X_q} \end{cases} \quad (2)$$

$$\begin{cases} \psi = \text{tg}^{-1} \left[\frac{X_q (E_0 / U - \cos \theta) + r \sin \theta}{r (E_0 / U - \cos \theta) - X_d \sin \theta} \right] \\ \varphi = \psi + \theta \end{cases} \quad (3)$$

$$\varphi = \psi + \theta \quad (4)$$

2 永磁同步电动机运行状态的判别方法之一

通常,电流和电压及其相角 φ 容易测量,空载电势 E_0 的数值也容易测出,但 θ 和 ψ 不易测出,纵轴电枢反应作用性质的判断方法是,如能测定 U 与 I 之间的相位关系(如用双线示波器测定),则①电流超前于电压时,电机运行在容性状态,且纵轴电枢反应起去磁作用。②电流与电压同相位,电机处于正常励磁状态,纵轴电枢反应也起去磁作用。③电流落后于电压,则有三种可能,即 I 超前于 E_0 ,与 E_0 同相和落后于 E_0 ,与之对应的是纵轴电枢反应分别为去磁、为零和助磁。

对于第三种,为正确判断纵轴电枢反应作用的性质,分别画出三种状态的矢量图,如图 2 所示。

由图 2 可见:

$$\psi = \text{tg}^{-1} \frac{U \sin \varphi - I X_q}{U \cos \varphi - I r} \quad (5)$$

因此可以确定,电流落后于电压时,① $U \sin \varphi > I X_q$, $\psi > 0$, I 落后于 E_0 ,纵轴电枢反应起助磁作用。② $U \sin \varphi = I X_q$, $\psi = 0$ 纵轴电

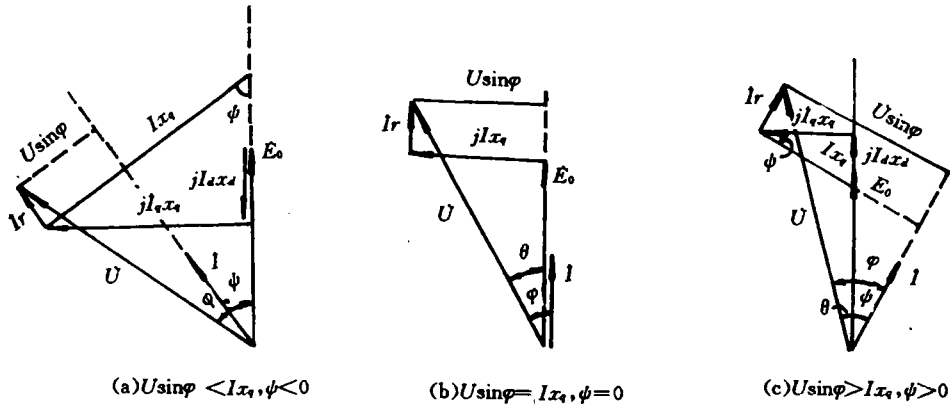


图2 I落后U时的矢量图

枢反应为零。③ $U\sin\varphi < IX_q, \varphi < 0$, I超前于 E_0 ,纵轴电枢反应起去磁作用。

由此可见,通常所说的“电流超前于电压,纵轴电枢反应起去磁作用;电流落后于电压,纵轴电枢反应起增磁作用”,概念上是错误的,正确的表述应为:“电流超前于空载电势时,纵轴电枢反应起去磁作用;电流落后于空载电势时,纵轴电枢反应起助磁作用”。

3 E_0/U 的大小与电机运行状态的关系

通常认为, $E_0 > U$ 时,电机为过励状态,电流超前于电压。 $E_0 < U$ 时,电机为欠励状态,电流落后于电压。事实上, $E_0 > U$ 时,电流可以落后于电压;而 $E_0 < U$ 时,电机纵轴电枢反应也可起去磁作用。

由式(3)可用计算机绘制出 $E_0 > U$ 及 $E_0 < U$ 时 φ 角和 θ 角之间的关系曲线,如图3所示。由图可见, $E_0 > U$ 时, φ 始终小于零,即电流始终超前于 E_0 ,纵轴电枢反应起去磁作用;而 $E_0 < U$ 时, θ 较小时, $\varphi > 0$,说明I落后于 E_0 ,纵轴电枢反应起助磁作用;随 θ 增大, φ 由正变负,则I超前于 E_0 ,纵轴电枢反应起去磁作用。可见, $E_0 < U$ 时,纵轴电枢反应可起去磁作用。由式(4)绘出的 φ 角与 θ 角之间的关系曲线如图4所示。由图可见, $E_0 \geq U$ 时, θ 较小, $\varphi < 0$,电机运行在容性状态;随 θ 增大后, φ 即大于零,电机进入感性状态; E_0

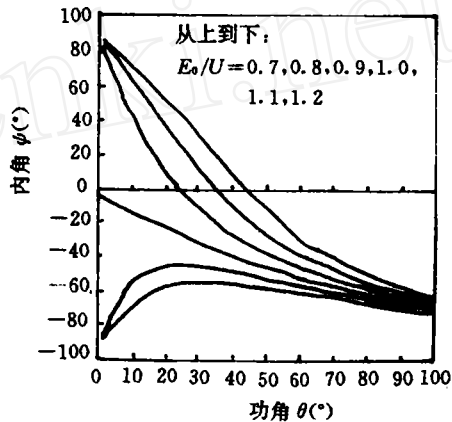


图3 不同 E_0 时 φ 角随 θ 的变化

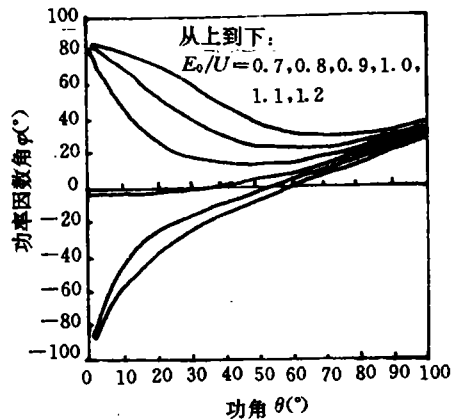


图4 不同 E_0 时 φ 角与 θ 角的关系

$< U$ 时,电机始终运行在感性状态。这说明, $E_0 \geq U$ 时,电机电流也可落后于电压。

4 电机运行状态的判别方法之二

在永磁同步电动机参数已知,而 φ, E_0 ,
(下转第53页)

2.1 步进电动机控制电路

附图中, L297 是双极性两相或单极性四相步进电动机控制器。L297 的控制端(11)接高电平, 控制斩波信号与 A、B、C、D 作用, 其半步/基本步距端(19)也接高电平, 采用半步工作方式, 即产生 8 步格雷码时序。L297 接收的外部信号有两个, 正/反转控制信号和步进脉冲信号, 17 脚是正/反转信号输入端, 18 脚是步进脉冲信号输入端。

2.2 步进电动机驱动电路

步进电动机驱动电路由两片 L298N(附图中的 A1、A2)组成。L298N 是内含两个 H 桥的单片集成电路芯片(见参考文献[1]第 15 页图 2), 控制端 IN1(5)、IN2(7)分别控制一个 H 桥的两个臂晶体管, IN3(10)、IN3(12)控制另一个 H 桥的两个臂, 每个桥的下臂晶体管发射极连在一起, 输出脚(1, 15)连接外加电阻。

在附图中, L297 的输出端 A(5)控制 L298N(A1)的 IN1 和 IN4, 使 A1 的输出端

OUT1 和 OUT4 的输出电流同相, 通过线圈耦合输出, 输出的电流为 OUT1 和 OUT4 的输出电流之和。同样, L297 的输出端 B 控制 A1 的 IN2 和 IN3, C 控制 A2 的 IN1 和 IN4, D 控制 A2 的 IN2 和 IN3, 其相应输出端通过线圈组成一相输出端。L297 的禁止信号 $\overline{INH1}$ (5)控制 A1 的使能端 ENA(4)和 ENB(11), $\overline{INH2}$ (8)控制 A2 的 ENA 和 ENB。这样, 由一片 L297 和两片 L298N 构成的步进电动机控制/驱动系统的工作方式, 与单片的 L297/L298N 构成的系统的工作方式相同, 但是驱动功率提高 1 倍。

3 结 语

当需要驱动更大功率的双极性两相或单极性四相步进电动机时, 可以根据同样的思路, 用 L297 控制多片 L298N 的方法达到所需的功率要求。

参 考 文 献

- 1 谭建成. 运动控制专用集成电路及应用(续 3). 微电机, 1993(1)

(上接第 45 页)

U, I 已测出时, 给出以下简单方法判别电机运行状态, 步骤如下:

a. 比较 E_o 与 U 的大小, 若 $E_o > U$, 则电机必然运行在过励状态, 纵轴电枢反应起去磁作用。为判别电机运行在容性还是感性状态, 先按式(6)和式(7)分别计算 E_c 和 E_L :

$$E_c = \frac{\sqrt{(U \cos \varphi - I r)^2 + (I X_q + U \sin \varphi)^2}}{I(X_q - X_d)(I X_q + U \sin \varphi)} \quad (6)$$

$$E_L = \frac{\sqrt{(U \cos \varphi - I r)^2 + (I X_q + U \sin \varphi)^2}}{I(X_q - X_d)(I X_q - U \sin \varphi)} \quad (7)$$

若 $E_c \approx E_o$, 则电机运行在容性状态, I 超前于 U 。

若 $E_L \geq E_o$, 则电机运行在感性状态, I 落后于 U 。

b. $E_o < U$, 则电机必然运行于感性状态, I 落后于 U 。而纵轴电枢反应的性质则决定于负载大小, 即:

$U \sin \varphi > I X_q$ 时, 纵轴电枢反应起助磁作用。

$U \sin \varphi < I X_q$ 时, 纵轴电枢反应起去磁作用。