

染整联合机直流共电源多单元 同步调速系统反调节现象的分析

杨钟逵

(上海纺织工业专科学校)

【提要】 本文根据染整联合机直流共电源电枢电压公调,各单元机调磁自调的多单元同步调速系统的工况,通过数学分析,导出了产生反调节的极限条件,从而提供了防止反调节的措施及设计系统时对变量极限的具体数据估算方法。

染整联合机多单元直流同步拖动方案中,目前还是电枢电压共电源公调结合各单元电动机调磁自调的系统用得最多。但由于工艺的需要,要求的调速比在增加,即对应于系统导布速的电动机最低速要降低。这就会导致反调节现象。所谓反调节就是本来转速较慢的一台电动机可通过调磁自调,减小磁通来增加转速的规律遭到破坏,而且变成相反的速度变化,即当磁通减小时转速反而会降低,反之亦然,以致前后二单元电动机变得越来越不同步,最后碰掉限位开关而停车。本文的目的是:根据系统的实际工况,重新进行数学分析,以推导出产生反调节的极限条件,从而提出防止反调节的措施及提供设计系统时对变量极限具体数据的估算方法。

直流电动机的转速方程为:

$$N = (U_a / C_e \phi) - (R_a M / C_e C_M \phi^2) \quad (1)$$

式中: N 为电动机转速; U_a 为电动机电枢端电压,也可近似认为是共电源电压; R_a 为电动机电枢回路电阻; M 为电动机电磁转矩,如略去空载转矩,可近似认为是轴上转矩,即负载转矩; C_e 、 C_M 分别为电动机电势、转矩常数; ϕ 为电动机每极磁通。

当共电源电压相对稳定期间,发生前后车速不同步时,首先通过某种调节机构使电动机磁通发生变化,从而使电动机转速发生

相应变化。如认为染整联合机为恒转矩负载(这种估计与实际出入不大),且在动态条件下其转矩不变,则(1)式的转速 N 将成为磁通 ϕ 的单值函数,可用求极值的办法对(1)式求导,且令 $dN/d\phi = 0$ 的数学分析法,解得产生反调节的极值点。

$$\begin{aligned} \text{由 } dN/d\phi &= -U_a C_e / C_e^2 \phi^2 + 2R_a M / C_e C_M \phi^3 \\ &= 0 \end{aligned}$$

得产生反调节的极值条件:

$$\phi_1 = 2R_a M / C_M U_a \quad (2)$$

$$\text{或 } U_{a1} = 2R_a M / C_M \phi \quad (3)$$

由式(2)、(3)可见:

1. 当电枢电阻 R_a 及电磁力矩 M (近似对应负载力矩)不变时,若要求电动机转速越低,即要求电压 U_a 越小时,则出现反调节极值条件的磁通 ϕ_1 值就越大,也就越易产生反调节。同理,当调磁深度越深(磁通减得越弱),则产生反调节的极值条件 U_{a1} 也越大,也就越易产生反调节。(2)、(3)式是等价的,它们表明,在 R_a 、 M 不变的前提下, ϕ_1 与 U_{a1} 的乘积不变, U_{a1} 与 ϕ_1 的关系呈双曲线规律(见图)。这样就说明了为什么反调节现象一般总是在导布速时发生的原因,因为这时的电压最低。当然,还可指出,在出现反调节现象之前,实际上系统的同步能力已经大大降低了。

2. 当 U_e 及 R_e 不变时, M 越大, 即织物张力越大, 则越易产生反调节。因此, 作为解决反调节的应急措施, 联合机在导布速时, 应暂时减小其张力, 待系统升速到正常运行速度后, 才可恢复正常张力。

3. 在其它条件不变时, R_e 增加, 就容易产生反调节。如调大电动机容量, 使 R_e 减小, 也就可以防止反调节。

因此, (2)、(3) 式的物理意义不仅指出了解决防止反调节的途径, 而且也可作为系统设计提供防止产生反调节变量极限值的估算。

如以 $M = C_M \phi I_e$ 代入式(3)以消去 M , 则得下列公式^[1]:

$$U_{aj} = 2I_e R_e \quad (4)$$

(4) 式表明了产生反调节现象极值条件的另一形式, 说明了当电枢电压小于电枢电流在电枢电阻上的压降的两倍时, 就会产生反调节。这里的 I_e 不是起动电流, 而是负载力矩 M 和磁通 ϕ 的函数。因此, 只有考虑到这点时, (4) 式才与 (3) 式的物理意义相一致。

根据以上分析, 举一实例来具体说明如何估算系统变量的极限值。

设某系统某单元要求带动 2 千克-米的负载力矩, 选用 Z_2-51 型直流电动机, 额定功率 3 千瓦, 额定电压 220 伏, 额定电流 17.2 安, 转速 1000 转/分, 查得其电枢电阻为 0.924 欧姆, 试估算产生反调节的变量极限。

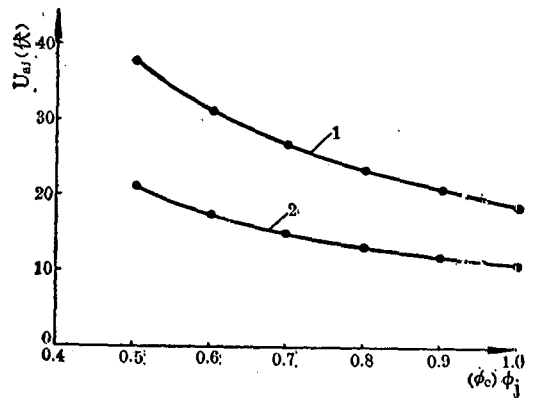
$$\text{解: } C_e \phi_e = (U_e - I_e R_e) / n_e = 0.204$$

$$C_M \phi_e = 0.198 \quad \text{由 } U_{aj} = 2R_e M / C_M \phi$$

得:

当 $\phi = \phi_e$, $U_{aj} = 18.7$ 伏; 当 $\phi = 0.9\phi_e$, $U_{aj} = 20.7$ 伏; $\phi = 0.8\phi_e$, $U_{aj} = 23.4$ 伏; $\phi = 0.7\phi_e$, $U_{aj} = 26.7$ 伏; $\phi = 0.6\phi_e$, $U_{aj} = 31.2$ 伏; $\phi = 0.5\phi_e$, $U_{aj} = 37.4$ 伏。

根据以上数据, 作如下图所示的曲线 1, 它的左下方是反调节区。由此可得, 当要求调磁深度达到 $\phi = 0.5\phi_e$ 时, 该机容许的电枢电压达到 37.4 伏, 当小于此值时, 即发生反调节。如要防止反调节, 增加同步能力, 则



$U_{aj} - \phi_j$ 变量极限曲线

1- Z_2-51 , 3千瓦, $M=2$ 千克-米; 2- Z_2-52 , 4千瓦, $M=2$ 千克-米。

该单元就应采用容量更大的电动机。如采用 Z_2-52 , 额定功率 4 千瓦, 额定电压 220 伏, 额定电流 22.6 安, 额定转速 1000 转/分的电动机, 查得其电枢电阻为 0.531 欧姆, 则用同样方法, 绘得图中所示的曲线 2。显然, 这时变量极限曲线下移了很多, 如对应于弱磁 $\phi = 0.5\phi_e$ 时的电枢极限电压只有 21 伏。且从图上看, 电动机容量虽然只增加 1/3, 但可容许的最小工作电压几乎减小一半。这就是因为 Z_2-52 (4 千瓦) 电动机的电枢电阻比 Z_2-51 (3 千瓦) 电动机减小较多之故。由此可证实, 如能选用或设计电枢电阻较小的电动机, 对防止产生反调节是有利的。

当然, 为了扩大调速比, 导布速的最低电枢电压希望还要低于 21 伏 (相对于 $\phi = 0.5\phi_e$) 的话, 则电动机容量还要增大。

另外, 由于上述的估算没有考虑到动态加速力矩, 故实际采用的变量极限曲线应适当提高一些, 即电动机容量还应适当选得高一些。

参 考 资 料

[1] 黄炯等编, 《纺织电气自动控制系统》, p.52, 纺织工业出版社。