

高速捻线锭子磁力联轴器整体充、退磁系统的设计

毕松梅 金世伟 冯忆红 王晓明

(安徽机电学院) (合肥职教中心) (安庆华茂纺织集团)

【摘要】 近年来,随着永磁材料及轴承技术的发展,使倍捻、三倍捻高速捻线机锭子磁力联轴器生产技术获得新的突破。按照结构要求,高速捻线机锭子磁力联轴器的设计关键是采用平面轴向磁力偶合原理,由带轮—主动磁转子传动内锭—被动磁转子,从而解决了内锭传动的难题。高速捻线机锭子磁力联轴器整体充、退磁系统,就是专门针对上述情况进行研制,并且成功地解决了被充磁元器件形态各异等技术问题,满足了厂家对产品整体充、退磁用的各种充磁线圈和充磁头的需要。

关键词: 整体充退磁 力矩 高速捻线机 磁力联轴器 稀土材料磁钢 技术设计

中图分类号: TS 103.234.1

在我国由于第三代稀土永磁材料——钕铁硼永久磁铁的开发成功,给倍捻、三倍捻高速捻线机锭子的磁力偶合传动带来了新的技术突破。目前已逐渐走向工业化生产应用的阶段。在生产过程中,首先要对转动的磁钢进行充磁,使被磁化的永磁体达到磁饱和,同时根据还需要对其进行退磁,使被磁化的磁钢性能趋于稳定,磁场强度均匀一致。按照要求新型捻线锭子是采用平面轴向磁力偶合原理由带轮(主动磁转子)传动锭子(被动磁转子),进行高速旋转,完成加捻任务。这样就解决了高速捻线锭子内锭高速传动的难题。通常高速旋转的捻线锭子其磁力偶合传动的磁路形式有用磁体按一定间距分散排列的磁路或永磁体紧密排列的磁路。这两种形式磁路中的磁体数目要求呈偶数,相邻磁体按极性相反(即N、S极)排列,后一种形式的磁路排列可以增大磁场强度和传递扭矩,是当今同轴径向和平面轴向磁力偶合传动较理想的磁路。

人们常用的充、退磁方法有两种:一种是用交流电源经整流后直接通入带有铁芯的电磁线圈,用于产生强大磁场,以获得对磁钢进行充、退磁所需足够强的磁场强度;另一种是采用电容器储能即R-L-C脉冲充放电形式。第一种形式电路激磁电流较大,耗能严重,线圈易发热,且存在体积大、结构复杂、不安全、易损坏等

问题;第二种方法则消除了第一种形式的许多弊端,可做到充磁效率高、节能、易维护、安全可靠,而且可产生较第一种形式更强的磁场强度。若将这种方式再配以适当的控制电路,即可组成一台自动化程度较高的自动高速捻线锭子磁力联轴器的整体充、退磁系统。

一、系统的工作原理

高速捻线机锭子磁力联轴器要均匀地高速回转,就必须给偶合传动件中的永磁极进行充磁,磁化后成为永磁体,并保证磁场强度均匀,N、S极被磁化后不易自动退磁,系统产生的磁场强度要高于普通充磁效果,且不要分解联轴器,便可进行方便的充、退磁。实践中我们采用高压电容储能式脉冲充磁系统,这是解决该技术难题较有效的方法。利用高压电容器作为脉冲式充磁系统中的储能元件,要求它能为联轴器夹具提供足够大的能量,让磁力线圈在电磁铁芯柱中产生高于需要磁化磁极强度1倍以上的磁场强度,然后再进行退磁,这样可免去对磁体充磁后再用加热等方法使磁钢性能趋于稳定。利用高压电容器作为脉冲式充磁机储能元件的优点,可从(1)式得到理解。

$$W_c = (1/2) CV_c^2 \quad (1)$$

式中: W_c 为电容器储能功率; C 为高压电容器容量; V_c 为加在电容两极间的额定电压。

从(1)式可知,高速捻线机锭子磁力联轴器要获得足够大的能量,只要加大电容器容量 C 和提高电容器耐压值 V_c 都可获得较高的能量 W_c ,但是实践中加大电容器容量则要加长对电容器充电过程的时间。即充电时间长,能量储存缓慢,而放电过程只是一瞬间。为了避免电容的不足,一般不选用电解电容器,因为它容量大、耐压低,不适用我们设计的快节奏进行充、退磁操作的技术要求。鉴于上述多方面因素,我们选择上海电容器厂生产的无极性油浸式聚丙烯电容器,该电容器耐压值为 1200V,电容器容量为 $100\mu\text{F}$,按式(1)可计算得知每只电容器可产生:

$$W_c = (1/2) C \cdot V_c^2 = 1.44 \times 10^9 \quad (\text{伏} \cdot \text{安})$$

如选择电容器 20 只,则:

$$W_c = (1/2) C \cdot V_c^2 = 72 \times 10^6 \quad (\text{伏} \cdot \text{安})$$

将这么大能量尽可能地转换成足够大电磁感应强度 B ,即联轴器充、退磁夹具正常工作时所需要的激磁磁势值。因此我们知道联轴器电磁夹具激磁线圈所需要产生的安匝数,经推导可得式(2):

$$\begin{aligned} IN &= (IN)_s + (IN)_m + (IN)_f \\ &= \frac{B_0}{\mu_0} S_C + \sum_{m=1}^{n_1} H_m L_m + \sum_{f=1}^{n_2} H_f L_f \end{aligned}$$

$$\text{令} \quad \sum_{m=1}^{n_1} H_m L_m + \sum_{f=1}^{n_2} H_f L_f = C_3 (IN)$$

$$\text{则: } IN = \frac{1}{1 - C_3} \cdot \frac{B_0}{\mu_0} \cdot S_C = \frac{1}{C_4} \cdot \frac{B_0}{\mu_0} S_C \quad (2)$$

式中: $(IN)_s$ 为工作间隙上的总磁压降; $(IN)_f$ 为非工作间隙上的总磁压降; $(IN)_m$ 为铁芯回路上的总磁压降; $H_m L_m$ 为铁芯回路(包括铁芯柱、磁扼等)一段上的磁压降; $H_f L_f$ 为一个非工作间隙上的磁压降; C_3 为磁压降系数; C_4 为计算系数,其值为 $C_4 = 1 - C_3$ 。

磁势是有电流通过励磁线圈产生的,为确定线圈参数,使它接在一定电压的电源上后,能够产生需要的磁势(安匝数),建立直流并激电磁铁线圈电压方程式(3):

$$\begin{aligned} U &= IR_{xq} = I \cdot \frac{P_x \cdot \pi \cdot D_{pj} \cdot N}{q_x} \\ &= \frac{1}{2} \cdot I \cdot N \cdot \frac{P_x \cdot \pi \cdot (D_w + d_z)}{q_x} \quad (3) \end{aligned}$$

式中: R_{xq} 为线圈电阻; I 为线圈电流(A); q_x 为导线的截面积; D_{pj} 为线圈平均直径(m); N 为线圈匝数; D_w 为线圈外径(m); d_z 为铁芯柱直径(m); P_x 为线圈所用导线相应温度的电阻率(n/m) $P_x = P_{20}[1 + \alpha(\theta - 20)]$ 。

其中: P_{20} 为 20℃时导线的电阻率; α 为导线材料的电阻系数,对铜导线如容许温度是 105℃,则: $P_{105} = 2.3 \times 10^{-5}$ (欧米)。

这样我们便可依此确定线圈所用的导线面积 q ,匝数 N 以及线圈电阻 R_{xq} 等相关尺寸和参数,当然只知道几个参数还不行,还要校核电磁铁线圈的温升是否超过其容许值。

用上述方法进行充、退磁是以脉冲大电流为基础的,电流使电磁线圈产生极强的磁场进行工作,其工作原理如图(1):

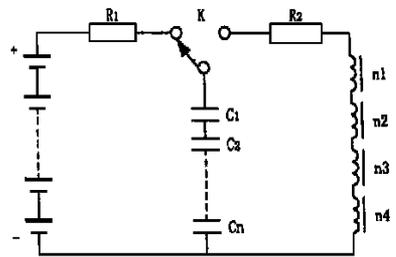


图 1 脉冲充磁机工作原理图

从图 1 可见, E_n 是一个经过整流,给电容充电用的直流高压, R_1 是充电回路中的限流电阻, K 是控制开关(可控硅), C 是高耐压大容量无极性电容,用作储能元件, R_2 是整个放电回路中的等效电阻, L 是负载组成的整体充磁夹具。

当电路工作时,首先通过交流 220V 升压经整流,给电容器以 1200V 高压充电。当 U_c 达到需要的额定电压时,控制开关 K 接通放电回路,这时电容器 C 中的能量通过 R_2 、电磁线圈 L 进行放电,由于回路中 R_2 阻值很小,因此电容中释放的大部分能量都通过电磁线圈转换成强大磁场。在放电回路中电阻 R 、电磁线圈

L 和电容 C 的性能参数,决定着放电回路中给电容充电电流的幅值是按指数函数 $e^{\beta t}$ ($\beta = R/L$) 衰减。其波形如图 2 所示。

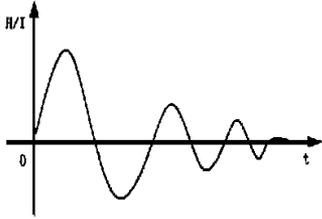


图 2 激磁回路电流变化图

回路中冲击电流的最大值为:

$$I_{\max} = U_C \sqrt{C/L}$$

由此转换成脉冲电流振荡频率:

$$f = 1/2\pi \sqrt{LC}$$

强磁场给永磁钢充磁,达到需要的磁饱和要求,退磁则给充磁线圈加上交流电即可达到退磁目的。

二、系统的调试

新型高速捻线锭子磁力联轴器整体充、退磁的控制过程按照下列步骤和要求完成:首先将交流电升压,然后经整流、稳压,再对储能电容进行充电。其过程如框图 3 所示:

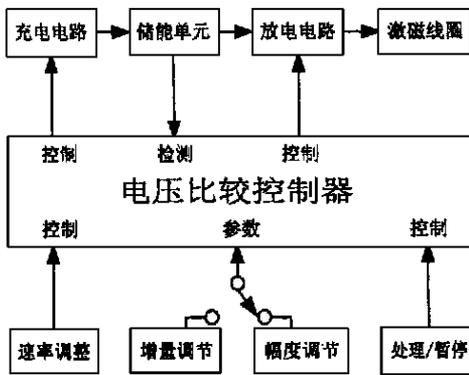


图 3 充磁机原理框图

整个充、退磁的控制过程如下:首先完成对电容 C1 的充电,它是通过控制光电偶合器 IC7 的导通→三极管 T1 导通→双向可控硅 Q2 导通→变压器初级得电→次极得电→DQ1 整流→主电容器 C1 充电,充电电压的大小是由稳

压管 DZ1 和 R4、R5、R6、R7、P1、P2、P3 组成的可调稳压基准电压设定。设定该电压通过运算放大器 LM324 进行一定的放大,加到 IC3B(电压比较器 LM339)反相输入端作为充电电压的设定基准。

随着主电容器 C1 的电压在充电过程中上升,分压电阻 R3 的电容充电电压的取样电压也随着上升,通过 IC5C(运算放大器 LM324)、IC5B(运算放大器 LM324)、IC5A(运算放大器 LM324)加到 IC3B(LM339)同相输入端,当取样电压大于基准设定电压时,IC3B 输出端 14 脚上的电压产生一负跃变,该负跃变信号一路加到三极管 T2 的基极,使 T2 导通,使 IC3C(LM339)输出端一脚输出高电平,使光电偶合器 IC7 截止,双向可控硅 Q2 截止,主电容器 C1 停止充电。同时该电路的另一路加到稳压触发器 IC1(NE555)输入端 2 脚,使单稳触发器输出端 3 脚输出一正脉冲。该输出脉冲一路加至 IC3C(LM339),以保证双向可控硅 Q2 可靠截止,另一路加至二极管 D1、三极管 T3、T4,加至双向可控硅 Q1,使之导通。主电容器通过可控硅向充、退磁线圈放电,完成了从主电容器充电到向线圈放电这样一个定量充磁(或是退磁)的全过程。

上面介绍了定量充、退磁电路的等幅充、退磁方式,另外本控制系统还具有递增式的充、退磁功能。当控制开关“K”拨至“增幅”位置时,基准电源通过模拟开关 IC6A(MC14006),加到电容器 C2 上,电容器 C2 上的电压再通过 IC4(CA3140)、IC5D(LM324)加到 IC3B(LM339),达到对主电容器 C1 充电电压的控制,这里开关是电容器 C2 上的电压,是由模拟开关 IC6A 控制的,即在电容器每个充、放电的循环过程中,模拟开关每打开一次就使电容器 C2 上的电压增加一些,电容器 C2 上保持的电压使加到 IC3B 上的设定电压不断增加,主电容器 C1 上的电压也不断增加,进而产生一个阶梯式的充、退磁磁场,达到自动充、退磁的目的(控制电路原理图略)。(下转第 17 页)

(上接第 29 页)

三 结束语

三倍捻锭子的磁力偶合转动系统的设计制造及生产应用目前在我国尚处于研究阶段,除了理论上仍须加强研究外,在制造装配三倍捻线机锭子时,需保证主动磁转子(带轮)与被动磁转子(内锭)有较高的同轴度,两者相对的端面有较高的平行度,磁钢磁场强度要均匀,否则影响高速捻线机锭子的动平衡,使锭子在高速回转时易发生振动,从而引起断头,影响产品质量。高速捻线机锭子磁力联轴器整体充、退磁

机是专门为倍捻、三倍捻锭子磁力偶合传动开发、研制的,通过实践,取得令人满意的效果,解决了磁力联轴器整体充、退磁的技术难题,深受企业欢迎。

参 考 资 料

- [1] 《棉纺工程》下册,纺织工业出版社,1989年6月,第一版,P.476。
- [2] 张冠生等主编:《电磁铁与自动电子元件》,机械工业出版社,1982年1月,第一版。
- [3] 陈国光主编:《电解电容器》,西安交通大学出版社,1986年10月,第一版。
- [4] 《纺织学报》,1999年,No.4,p.21。