可控硅无触点功能在冶金起重吊车中的应用*

王志彬,郭利中,葛春忠

(内蒙古包钢钢联股份有限公司钢管公司,内蒙古 包头 014010)

摘 要: 文章总结了可控硅的结构、工作原理以及特点性能,通过实例介绍了可控硅在冶金起重吊车中以小功率控制大功率的优点。可控硅应用于毫安级电流控制主卷160 kW大电机,优于接触器的功能,在微秒级内可以开通、关断;无触点运行,无火花、无噪音;效率高、成本低;故障率低。

关键词: 控制;电压;导通;电流;可控硅;触发

中图分类号: TM571.2 **文献标识码:** B **文章编号:** 1009-5438(2021)03-0065-04

DOI:10.13647/j.cnki.btgkj.2021.03.018

Application of Noncontacting Function of Silicon Controlled Rectifier for Metallurgical Hoisting Crane

Wang Zhi-bin, Guo Li-zhong, Ge Chun-zhong

(*Steel Tube Co. of Inner Mongolia Baotou Steel Union Co., Ltd., Baotou* 014010, *Inner Mongolia Autonomous Region, China*)

Abstract: In this paper, the structure, working principle, characteristics and performances of silicon controlled rectifier are summarized as well as its advantage of controlling high power with low power for metallurgical hoisting crane is introduced through examples. It can control the 160 kW motor of main coil with milliampere current, it is with such functions superior to those of contactor as it can be turned on and off in microsecond, noncontacting operation, no spark and noises, high efficiency as well as low costs and failure rate.

Key words: control; voltage; breakover; current; silicon controlled rectifier; trigger

钢管公司制钢分厂冶金起重吊车作为重要的生产工具,为了避免接触器控制触点闭合不好、通断时间长、接线多等缺点,制钢分厂有20台吊车采用无触点控制。本文以160 t吊车主卷电机控制为例。可控硅工作原理包含单向可控硅工作原理、双向可控硅工作原理,可控硅是可控硅整流元件的简称,是一种具有三个PN结的四层结构的大功率半导体器件,一般由两可控硅反向连接而成。它的功能不仅是整流,还可以用作无触点开关以快速接通或切断电路,实现将直流电变成交流电的逆变,将一种频率的交流电变成另一种频率的交流电等。可控硅和其它半导体器件一样,其有体积小、效率高、稳定性好、工作可靠等优点。它的出现,使半导体技术从弱电领域进入了强电领域,成为工业、农业、交通运输、军事科研以至商业、民用电器等方面争相采用的元件。

1 可控硅工作原理

一种以硅单晶为基本材料的P1N1P2N2四层三端器件,创制于1957年,由于它特性类似于真空闸流管,所以国际上通称为硅晶体闸流管[1],简称可

* 收稿日期:2021-05-06

作者简介:王志彬(1980-),男,内蒙古乌兰察布市人,高级工程师,主要从事电气设备维护。

中国知网 https://www.cnki.net

控硅T。又由于可控硅最初应用于可控整流方面所以又称为硅可控整流元件，简称为可控硅SCR[2]，见图1。

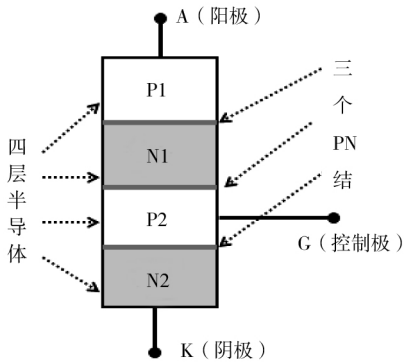


图1 可控硅结构图

可控硅工作原理见图2。等效为由二个三极管组成，T1、T2都导通后，即使去掉UGX，T1、T2仍然导通。

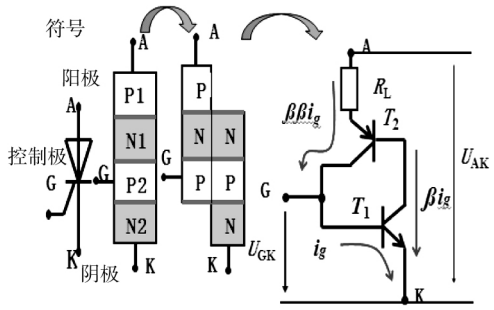


图2 可控硅工作原理图

1.1 可控硅导通条件

(1) 阳极A加正电压

(2) 控制极G加正的触发电压。

1.2 可控硅截止的条件

(1) 阳极A加反向电压，或不加触发信号(即$U_{GK}=0$)。

(2) 可控硅正向导通后，若令其关断，必须减小U_{AK}(或使U_{AK}反向)，使可控硅中电流小于某一最小电流I_H(I_H称为维持电流)。

1.3 可控硅特点

1.3.1 晶闸管具有单向导电性

正向导通条件：A、K间加正向电压，G、K间加正的触发信号。

1.3.2 晶闸管一旦导通，控制极便失去作用

若使其关断，必须降低U_{AK}或加大回路电阻，把阳极电流减小到维持电流以下。

1.4 可控硅特性与参数

1.4.1 正向特性

控制极开路时，随U_{AK}的加大，阳极电流逐渐增加。当$U=U_{DSM}$(正向转折电压)时，晶闸管自动导通。正常工作时，U_{AK}应小于U_{DSM}。

1.4.2 反向特性

随反向电压的增加，反向漏电流稍有增加，当$U=U_{RSM}$(反向击穿电压)时，反向击穿。正常工作时，反向电压必须小于U_{RSM}。

1.4.3 主要参数

(1) U_{DRM}：正向阻断电压。晶闸管耐压值。一般取$U_{DRM}=0.8\times U_{DSM}$(正向转折电压)。普通晶闸管$U_{DRM}$为100～3 000 V，见图3。

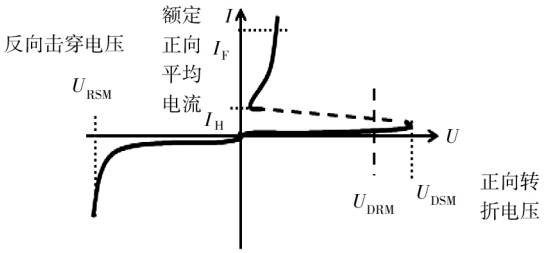


图3 正向阻断电压

(2) U_{RRM}：反向峰值电压。控制极断路时，可以重复作用在晶闸管上的反向重复电压。一般取$U_{RRM}=0.8\times U_{RSM}$(反向击穿电压)。普通晶闸管$U_{RRM}$为100～3 000V。

(3) I_F：额定正向平均电流。通用系列为：1 A、5 A、10 A、20 A、30 A、50 A、100 A、200 A、300 A、400 A、500 A、600 A、800 A、1 000 A等14种规格。

2 可控硅特点

2.1 优点

2.1.1 整流

在性能上，可控硅不仅具有单向导电性，而且还具有比硅整流元件(俗称“死硅”)更为可贵的可控性。它只有导通和关断两种状态。

2.1.2 小电流控制大电流

可控硅能以毫安级电流控制大功率的机电设备，如果超过此频率，因元件开关损耗显著增加，允许通过的平均电流相降低，此时，标称电流应降级使用。以小功率控制大功率，功率放大倍数高达几十

中国知网 https://www.cnki.net

万倍。

2.1.3　控制速度

反应极快,在微秒级内开通、关断。

2.1.4　环境条件和成本

无触点运行,无火花、无噪音; 效率高,成本低等等。

2.2　缺点

静态及动态的过载能力较差; 容易受干扰而误导通。

3　实际应用

可控硅能以毫安级电流控制大功率的机电设备。钢管公司制钢分厂的吊车就是以小功率控制大功率。功率放大倍数高达几十万倍; 反应极快,在微秒级内开通、关断; 无触点运行,无火花、无噪音; 效率高,成本低。可控硅控制最为关键的一点是故障率低,如果在吊运钢水过程中出现故障在极短时间内不能够排除故障将会出现铸机大包钢水拉空,铸机停浇等事故,影响到公司钢铁水平衡。

3.1　电机一次控制原理

电机一次控制采用包头勤越电控生产型号为 GCM－1S 的模块。输入侧共有 9 个端子,分别为 1SP9、1SP8、S101、102、SP0、S101、1SRCF、1SP10、1SRCZ; 输出侧有 20 个端子,分别为 1KSF32、1GSF32、1KSF31、1GSF31、1KSF12、1GSF12、1KSF11、1GSF11、1KSB22、1GSB22、1KSB21、1GSB21、1KSZ32、1GSZ32、1KSZ31、1GSZ31、1KSZ12、1GSZ12、1KSZ11、1GSZ11。通过一次模块输出管角和可控连接完成控制,如图 4。

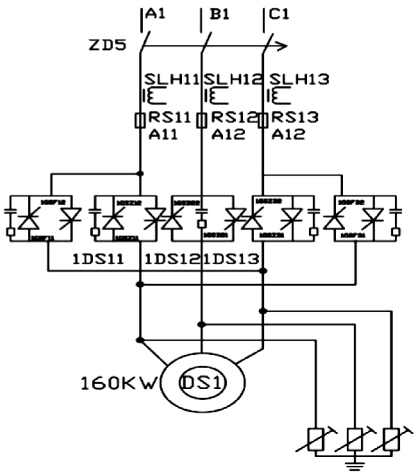


图 4　电机一次控制原理

3.1.1　正方向旋转控制

可控硅触发接线管脚 1GSF11 与一次控制模块 8 号端子连接,1GSF12 与一次控制模块 6 号端子连接; 1GSB21 与一次控制模块 12 号端子连接,1GSB22 与一次模块 10 号端子连接; 1GSF31 与一次控制模块 4 号端子连接,1GSF32 与一次控制模块 2 号端子连接,形成电机正方向旋转。

3.1.2　反方向旋转控制

可控硅触发接线管脚 1GSZ11 与一次控制模块 20 号端子连接,1GSZ12 与一次控制模块 18 号端子连接; 1GSB21 与一次控制模块 12 号端子连接,1GSB22 与一次模块 10 号端子连接; 1GSZ31 与一次控制模块 16 号端子连接,1GSZ32 与一次控制模块 14 号端子连接,形成电机正方向旋转。

3.1.3　可控硅与一次模块使用说明

起重设备中的电机大部分选用 YZR 绕线式电机,所以在文中提到一次二侧的连接方式。一次模块的控制由主令控制器发出,我们所选用的是单向可控硅,所以每一组由两块可控硅组成。从图 4 中可以看出 1DS12 相为直通相。

3.2　电机二次控制原理[3]

电机二次控制原理就是在定子侧通入全电压,在转子侧串入三相对称电阻,通过改变电阻达到变转差率调速,串电阻后,机械特性线性段斜率变大,特性变软,实现了降低启动电流、启动转矩增大、最大转矩不变的启动过程。电机二次控制采用包头勤越电控生产型号为 GCM－4 的模块,输入侧共有 9 个端子,分别为 1SP7、SP4、SP3、SP2、1SRCF、1SRCZ、SP0、104、103、S101; 输出侧共有 36 个端子,现场所应用从第 7 个端子开始分别为 1GS56、1GS55、1GS54、1GS53、1GS52、1GS51、1GS46、1GS45、1GS44、1GS43、1GS42、1GS41、1GS36、1GS35、1GS34、1GS33、1GS32、1GS31、1GS26、1GS25、1GS24、1GS23、1GS24、1GS22、1GS21、1GS16、1GS15、1GS14、1GS13、1GS12、1GS11。通过一次模块输出管角和可控连接完成三相对称电阻变化,见图 5。

从图 5 可以看出,钢管公司制钢分厂 160 t 吊车主卷电机由 5 个速度段组成,在启动时所有电阻都是串入二次侧转子回路中,通过加速过程中逐级切断电阻,采用变转差率调速。

中国知网　https://www.cnki.net

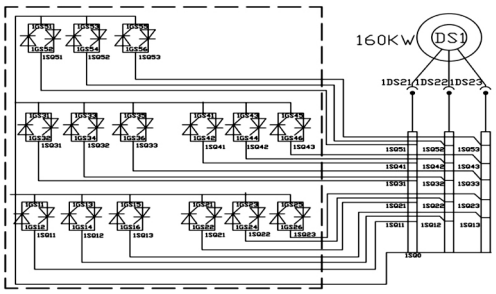


图5 电机二次控制原理

转子回路串入三相对称电阻变转差率调速既能限制起动电流，又能增大起动转矩，还可以提高功率因数，适用于大、中容量异步电动机重载起动[3]。为了有较大的起动转矩，使起动过程平滑，应在转子回路中串入多级对称电阻，并随着转速的升高，逐渐切除起动电阻。串电阻后，机械特性线性段斜率变大，特性变软。我们所采用的是五级电阻调速。

4 结束语

可控硅无触点的小电流控制大电流功能在钢管公司冶金吊车中使用，电气设备故障率低，维护简单，能够满足正常冶炼工序。

参 考 文 献

[1] 清华大学. 晶闸管电路 [M]. 北京: 科学出版社，1977.

[2] 武钢钢铁研究所. 可控硅技术 [M]. 北京: 中国工业出版社，1970.

[3] 李付亮. 电机及应用 [M]. 北京: 机械工业出版社，2015.

(上接第64页)

时，室温组织为先共析铁素体+珠光体；冷却速度为1.0~2.0 ℃/s时，出现粒状贝氏体，室温组织为铁素体+珠光体+粒状贝氏体；当冷速为5.0~10.0 ℃/s时贝氏体逐渐向马氏体转变，马氏体不断增加，室温下为马氏体+贝氏体混合组织，当冷速大于10.0 ℃/s，室温下为马氏体组织。

(3) 结合现场生产效率和成本、环境保护及产品性能稳定性方面，建议该种低碳高锰钢采用淬火+高温回火热处理工艺。淬火采用水冷，淬火温度910 ℃；回火温度640 ℃。

参 考 文 献

[1] Xu Pingguang, Fang Hong sheng, Bai Bingzhe. New duplex microstructure of grain boundary allotriomorpnic ferrite/granulor bainite [J]. J Iron & Steel Res. Int, 2002,9(2):33-38.

[2] 石晓霞，张行刚，郭志文. 经济型抗CO_2腐蚀油井管热处理工艺研究 [J]. 包钢科技，2018，44(3):43-46.

[3] 彭海红，陈晔，李国宝，等. X60管线钢再结晶和过冷奥氏体连续冷却相变行为的研究 [J]. 钢铁钒钛，2006，27(4):34-37.

中国知网 https://www.cnki.net