

功率可调臭氧装置电源的设计与实现

郑建霞¹, 贾振民²

(1.惠州学院 计算机科学系硬件教研室, 广东 惠州 516007 2.青岛中通臭氧科技有限公司, 山东 青岛 266100)

摘要:针对国内大功率臭氧发生器采用组合电源方案中存在的功率不可调、电源之间相互干扰消弱等弊端,设计与实现了一种单机型大功率变频功率可调臭氧发生器电源,通过 PLC 调节移相触发驱动电路触发脉冲的宽度,控制晶闸管的导通角,从而实现三相全控电流电压功率调节功能,并给出了电源功率与臭氧产量的实测数据。同时,PLC 还完成放电工作频率的设定、过流过压保护、电路软启软关等功能。本设计用于生产实践中可实现空气源数千克级的臭氧生产量。

关键词:变频;臭氧;电源;晶闸管;调相

中图分类号:TM 919 文献标识码:A 文章编号:1002-087X(2011)05-0567-03

Adjustable power supply system of high ozone generator

ZHENG Jian-xia¹, JIA Zhen-min²

(1. Hardware Section, Computer Science Department, Huizhou University, Huizhou Guangdong 516007, China;

2. Qingdao Zhongtong Ozone Technology Co., Ltd., Qingdao Shandong 266100, China)

Abstract: Aiming at the many disadvantages existing in assembled ozone generator power system, like power value non-adjustable, interference slackening each other etc, a PLC controlled power-adjustable, frequency-changeable, one-unit power system of high ozone generator was designed and realized, which adjusted the power value through controlling the conduction angle of SCR with PLC programs. Meanwhile, the PLC also controlled the working frequency, over flow and over voltage, and power on or off of the system. The test data and application shows the system works stable and reliable, and it is able to achieve kgs/h output of ozone.

Key words: frequency-changeable; ozone; power; SCR; phase-adjusting.

我国工业目前使用的大型臭氧发生器(指臭氧产量每小时几公斤到上百公斤)不是直接进口就是仿制国外产品,不仅价格昂贵,而且服务维护困难,成为制约我国臭氧技术应用推广进步的瓶颈。目前国产大功率臭氧发生器电源多采用“组合电源”的方案,即多台高压变压器驱动一个放电室。它是将一个放电室划分为多个放电区域,每个区域对应相应的驱动电源,也称为“迭加电源”。其优点是技术要求低,使用灵活,随意组合便可满足大功率的要求,但存在电源之间相互干扰甚至削弱电源功率、体积大、成本高等缺点,尤其是其功率不能连续可调,不能满足任意功率值的要求。为此,我们在成功独立开发研制了基于单片机的 100 kW 单机变频臭氧发生器电源的基础上,为了进一步提高系统的稳定性、可靠性和智能化程度,又开发研制了基于 PLC 的大功率单机变频功率可调臭氧发生器电源,输出功率连续可调并可达数百千瓦,具有良好的稳定性和可靠性,并已在工程实践中稳定可靠运行,达到了高浓度、大功率臭氧合成制造的要求,填补了国内相应的空白并已获国家专利^[1]。

收稿日期:2010-12-23

作者简介:郑建霞(1962—),女,陕西省人,硕士,讲师,主要研究方向为电子技术、计算机通信。

1 设计思想

如图 1 所示。三相电源经滤波后送入三相全控整流调功模块,加至晶闸管对逆变器形成脉冲交流电,再通过高压变压器形成高压脉冲加至高压放电室放电产生臭氧^[2]。其中,三相全控调功功能是通过调整可控硅整流管的导通角来实现的,通过 PLC 控制移相网络中移相电压的大小来控制输出脉冲的移相角度,使整流管的电压从小到大变化而达到控制输出功率的目的。同时还可实现电源的软关闭、软启动功能。PLC 可编程软件输出数字信号,输出一对相位相差 180° 的脉冲方

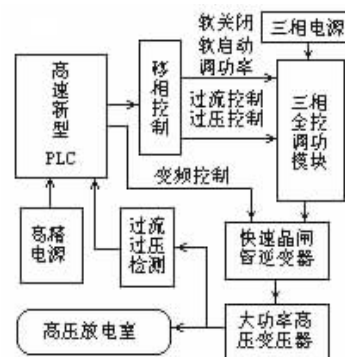


图 1 电源系统框图

波轮流触发电晶闸管对逆变器从而实现变频控制。PLC 在接收到过流过压信号后,还自动输出控制电压切断移相网络输出使晶闸整流管停止工作,起到保护作用。

2 硬件电路设计

2.1 调功主电路

如图 2 所示。380 V 50 Hz 三相交流电(三相五线制)经三相电源滤波器滤波并经过功率表和功率因数表 $\cos\phi$ 接至 PLC 控制的三相全控调功模块组件,可得输出脉动的直流电,经滤波器滤波平滑后作为三相全控快速晶闸管对管逆变器的调压调流供电电源^[3]。L0、L1、L2 为抑流铁芯电抗器,抑制高次谐波。晶闸管 T1~T6 为可控整流管,是一种起导通和关断作用的半导体器件,三相全控调功电路是由该六只晶闸管构成的三相全控整流桥。R1-R6、C1-C6 构成阻容吸收过压保护组件,用于吸收尖峰过电压以防止元件过压击穿。

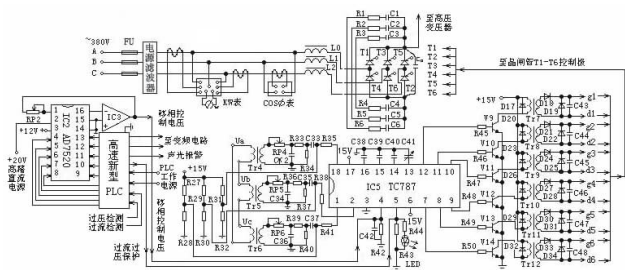


图 2 功率调节主电路

本设计中,PLC 通过控制晶闸管 T1~T6 的导通角去控制主回路中负载电流的导通与关断,从而达到调节电压或功率的目的^[4]。高速新型 PLC、高精度 D/A 转换器(IC2)和运算放大器 IC3 产生 0~9.99 V 的移相电压,送至三相晶闸管移相集成触发电路 IC5(TC787)的 4 脚。TC787 的引脚 4 为移相控制电压输入端,该端电压的高低直接决定着 TC787 输出脉冲的移相角度。触发脉冲经过由 Tr7~Tr12 等构成的功放电路送至三相全控调功的 T1~T6 控制极,输出 0~450 V 的直流控制电压,实现调节功率的功能。本电路还可通过改变电容 C41 值调节 TC787 触发脉冲宽度。TC787 的第 5 脚为保护端,当逆变电源系统出现过流过压时,PLC 输出高电平至 5 脚,输出脉冲即被禁止,TC787 的 7、8、9、10、11、12 脚脉冲无输出信号,晶闸管 T1~T6 被关断,无直流电压电流输出,保护电路不被烧坏。TC787 的 6 脚控制脉冲分配的输出方式,第 6 脚分别接高、低电平时输出分别为全控方式和半控方式^[5]。

2.2 辅助电路

2.2.1 变频控制电路

变频控制电路如图 3 所示。快速晶闸管对管逆变器将直流电转换成频率可调的交流电的装置,用作驱动高压放电室容性负载的电源。本设计由 PLC 可编程软件输出数字信号实现对逆变器的移相控制和工作频率的变频控制。PLC 输出一定频率且相位相差 180° 的一对方波电压信号,工作频率设定在 800~1 600 Hz,通过两路功放电路轮流触发 T7、T8。作为快速电子开关,晶闸管 T7、T8 在强触发脉冲作用下周期地快速通断,将 400~450 V 的直流电压转变为脉冲交流电^[6],通

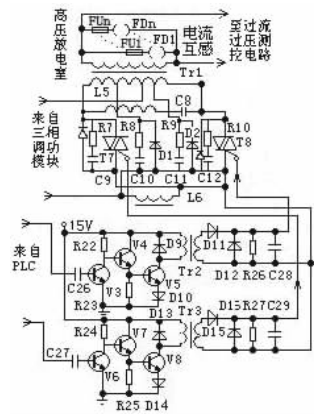


图 3 变频控制电路

过串联的高压升压变压器 Tr1 将初级绕组的交流电耦合到次级形成幅值为 5~10 kV 的脉冲高压电,加至高压放电室的高压极和地极,驱动容性放电负载,电离氧气而制造臭氧,实现大容量臭氧生产。

2.2.2 过流过压保护电路

过流过压保护电路如图 4 所示,三极管 V1 等构成逆变电路过流测控电路,将过流信号送至集成时基电路 IC1 (NE555) 的 2、6 脚。此时,NE555 的 5 脚输出高电平至 PLC,PLC 即刻输出高电平至 TC787 的 5 脚切断逆变器直流电源 E,起到过流保护的作用。同理,三极管 V2 等构成逆变电路过压测控电路送过压信号送至集成时基电路的 8 脚、12 脚,NE555 的 9 脚输出高电平至 PLC,切断逆变器直流电源 E,起到过压保护作用。当电源主电路出现过流过压时,PLC 在切断电源供电的同时,还可发出声光报警信号或无线寻呼报警信号^[7]。

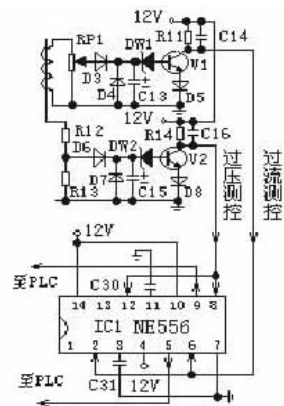


图 4 过流过压保护电路

2.2.3 软启、软关功能

高精度数模转换电路受 PLC 的控制,当其输入信号从全 0 变为全 1 时,送至移相触发电路的电压为 0~9.99 V,晶闸管移相集成触发器在接通三相全控模块时,自动输出直流电压 0~450 V 单调增变化(持续时间 10 s 左右),实现了系统软启动。同理,关闭电源时,三相全控调功模块自动输出直流电压 450~0 V 单调减变化,实现了软关闭,不会出现接通或关闭高压电路瞬间对电路元器件和放电介体造成强烈的冲击而止损坏,起到有效的缓冲作用。

2.2.4 其它测控功能

PLC 还用于产生臭氧的原料气(空气或氧气)露点、压力、流量、温度测控及高压放电室冷却水温度及流量测控。电动阀用于过程控制的执行机构。

3 软件设计

新型 PLC 是本电源系统的核心控制器件,通过编程软件可实现系统的功率调节、频率调节、过流过压自动控制、软启软关等功能^[8]。图 5 为本系统的软件操作流程。

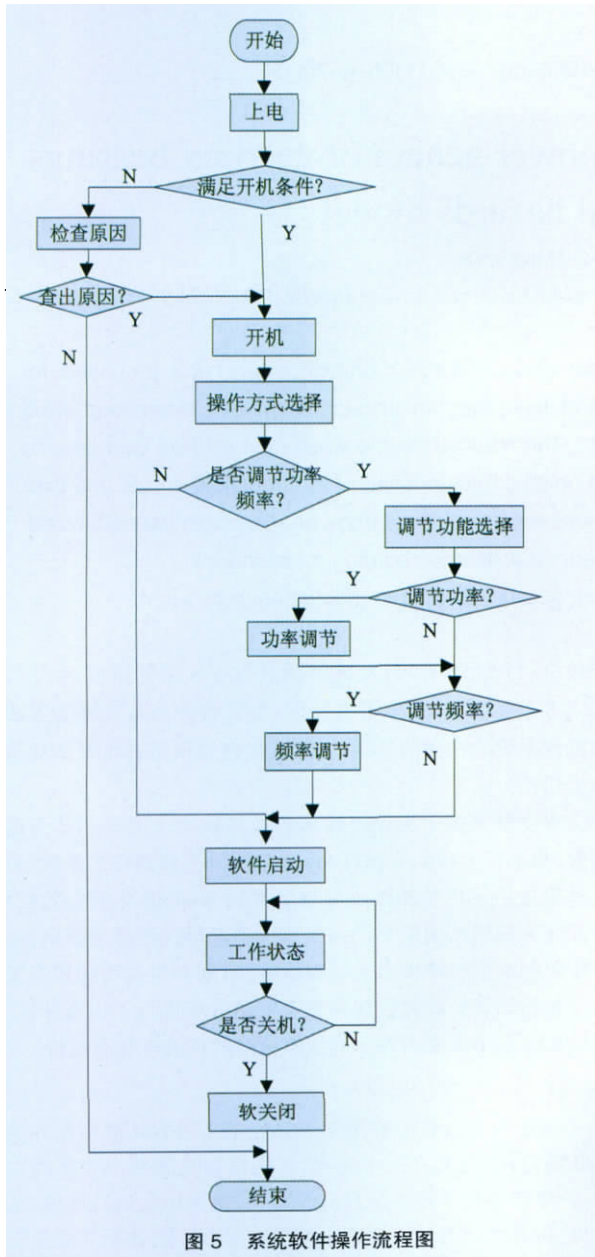


图 5 系统软件操作流程

4 测试结果

测试条件:采用干燥空气源,露点 -60°C ,气量 $235\text{Nm}^3/\text{h}$,气温 23°C ,最大输出有功功率设为 100kW 。实测数据表明,随着功率的逐渐加大,不但系统工作稳定可靠,而且臭氧输出量稳定增加,大体呈单调增关系。如表 1 所示。

表 1 电源功率与臭氧产量关系实测数据

电源功率/kW	臭氧产量/($\text{kg}\cdot\text{h}^{-1}$)
0	0.00
10	0.68
20	1.28
30	1.82
40	2.48
50	3.12
60	3.78
70	4.08
80	4.67
90	4.52
100	5.23

5 结论

本设计实现了大功率臭氧电源功率连续可调的功能及变频控制、过流过压保护等功能,可将臭氧系统工艺参数自动调整在最佳状态,满足了大容量臭氧生产的要求,实现了臭氧生产工艺的智能化和自动化,完成了系统的实时现场调控和测控,并能在实际生产中稳定可靠地运行。

参考文献:

- [1] 贾振民.大型软控式变频臭氧发生器测控电源:中国 ZL2009-10019972.4[P]. 2009-08-19.
- [2] KOUDRIARTSEV O, NAKAOKA M. Power supply for silent discharge type load[J]. IEEE Industry Applications Conference, 2000 (1): 581-587.
- [3] 曲学基,曲敬凯,于明扬,等.电力电子整流技术及应用[M].北京:电子工业出版社,2008:99-111.
- [4] 李宏,岳清涛,江琳.基于触摸屏和 PLC 的数字触发式整流电源设计[J].电力电子技术,2009,43(5):68-70.
- [5] 何东升,封小民.基于 TC787 芯片的大功率可靠性化成电源设计[J].通信电源技术,2009,26(5):24-36.
- [6] 谌争鸣,郭永坤,熊俊杰,等.交流整周期电压晶闸管控制方式的研究[J].电测与仪表,2009,46(2):65-69.
- [7] 路林吉,王坚,江龙康.可编程控制器原理及其应用[M].北京:清华大学出版社,2002:158-189.
- [8] 冯锦,隋升.基于 STC89C52RC 的 DMFC 电源监控系统[J].电源技术,2009,33(11):991-993.