

大功率智能交流稳压电源的设计

康秀强

(温州职业技术学院 电气电子工程系, 浙江 温州 325035)

摘要: 为了提高交流稳压电源的性能, 克服电刷调压式大功率稳压电源存在机械磨损、噪声大、响应时间慢等不足, 适应无人值守的场合对交流电源的需求, 采用了单片机控制、晶闸管无触点切换及补偿技术, 同时引入了智能控制及通信接口, 实现了来电自恢复、故障自诊断及对交流稳压电源的遥控、遥测和遥信。试验结果表明, 该智能交流稳压电源性能优异, 各项指标已达到设计要求, 能满足无人值守的场合对交流电源的需求。

关键词: 单片机; A/D 转换; 晶闸管; 接口; 补偿技术

中图分类号: TP216

文献标识码: A

文章编号: 1001-4551(2010)05-0060-05

Design of high power intelligent AC voltage-stabilized source

KANG Xiu-qiang

(Department of Electrical & Electronic Engineering, Wenzhou Vocational & Technical College, Wenzhou 325035, China)

Abstract: Aiming at improving performance of the AC voltage-stabilized source, conquering disadvantage of mechanic abrade, big noise and long reactive time for the mechanic adjustment AC voltage-stabilized source, and adapting the occasion of nobody is on duty, a single chip microcomputer(SCM) was used as controller, some thyristors were used as non-contact switches, and compensated technique was used, the disadvantage upwards was overcome completely. The intelligent control and communicating interface were introduced, the automatic coming back, automatic examining, remote control, remote measure, remote signal were realized. The test results indicate that the performance of high power intelligent AC voltage-stabilized source is excellent, all target suits for the design and it is the same with occasion of nobody on duty.

Key words: single chip microcomputer(SCM); analog-digital converter; thyristor; interface; compensated technique

0 引言

随着社会经济与科学技术的高速发展, 各类设备对电能质量的要求越来越高, 交流电压不稳定会严重影响设备的正常使用及寿命。目前市场上普遍使用的大功率交流稳压器主要是电刷调压式大功率稳压器。这类稳压器由于存在机械磨损、噪声响、响应时间慢等不足, 限制了其进一步的发展。特别在一些无人值守的场合, 需要配置具备“智能控制”及“接口”的稳压器, 电刷调压式稳压器无法满足其要求。

本设计通过单片机软硬件结合控制、光电耦合隔离及主电路的多重保护, 彻底解决了晶闸管共态导通和干扰等问题, 利用晶闸管无触点切换, 彻底解决了电

刷调压式大功率稳压电源的机械磨损、噪声响、响应时间慢等不足, 大大提高了稳压电源的使用寿命和性能^[1]。同时还设置了来电自恢复、故障自诊断、“三遥”接口等功能, 适用于无人值守的场合, 能满足通讯设备、医疗设备、广播电视设备、纺织机械、厂矿企业生产流水线、各类加工设备等对交流电源的需求。

1 稳压器工作原理

该系列稳压器主要由变压器补偿单元、晶闸管交流开关、采样电路、A/D 转换电路、单片机控制电路、延时/保护输出、状态显示/报警等部分组成, 其原理框图如图 1 所示。当输入电压 U_i 波动或负载变化导致输出电压 U_o 偏离额定值时, 通过采样电路获取输出反

馈电压,经 A/D 转换后输入单片机控制电路,并与基准电压比较,由单片机程序进行判断处理,输出控制指令,使相对应的晶闸管交流开关导通,切换对应的补偿变压器绕组组合,改变补偿电压 ΔU ,从而达到稳定输出电压 U_0 的目的($U_0 = U_i + \Delta U$)^[2-3]。

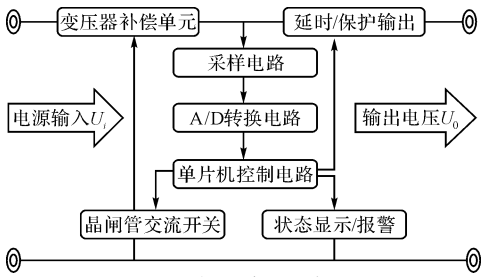


图1 主电路原理框图

2 主电路的设计

交流稳压器主电路原理如图2所示,每相主要由补偿变压器 T_1 、 T_2 、 T_3 与晶闸管交流开关 SCR_1 、 SCR_2 、 SCR_3 、 SCR_4 、 SCR_5 、 SCR_6 、 SCR_7 、 SCR_8 等组成。通过开通不同的晶闸管交流开关,可以得到不同的补偿变压器绕组组合。改变补偿电压 ΔU ,从而达到稳定输出电压 U_0 的目的。图中 QF_1 为断路器, QF_2 为转换开关,通过它们可以实现稳压输出与市电直接输出的切换, KM_1 为交流接触器,可以实现过压、欠压、故障等保护, F_7 为熔断器、 R_1 、 R_2 、 R_3 为限流电阻,可以实现限流

或过流保护, R_{10} 、 R_{11} 、 R_{12} 、 R_{13} 、 R_{14} 、 R_{15} 、 R_{16} 为压敏电阻。

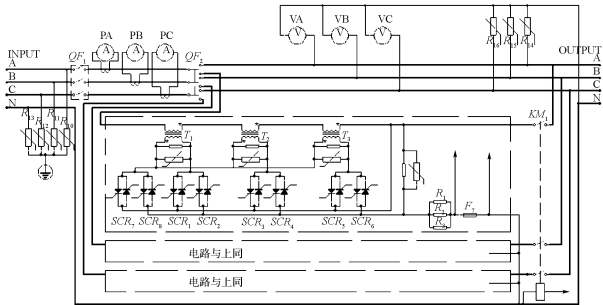


图2 交流稳压器主电路

在不同的输入电压时,晶闸管交流开关与补偿变压器的状态表如表1所示。当输入电压为153.5 V时,晶闸管 SCR_7 、 SCR_2 、 SCR_4 、 SCR_6 导通,输出电压等于输入电压叠加补偿变压器 T_1 、 T_2 、 T_3 次级电压(输出电压 = $153.5 + 38 + 19 + 9.5 = 220$ V);当输入电压为163 V时,晶闸管 SCR_7 、 SCR_2 、 SCR_4 导通,输出电压等于输入电压叠加补偿变压器 T_1 、 T_2 次级电压(输出电压 = $163 + 38 + 19 = 220$ V);当输入电压为286.5 V时,晶闸管 SCR_8 、 SCR_1 、 SCR_3 、 SCR_5 导通,补偿变压器 T_1 、 T_2 、 T_3 次级电压反向,输出电压等于输入电压减去补偿变压器 T_1 、 T_2 、 T_3 次级电压(输出电压 = $286.5 - 38 - 19 - 9.5 = 220$ V);以此类推,使交流稳压器输出电压保持稳定。

表1 晶闸管交流开关与补偿变压器的状态表

输入电压 /V	晶闸管交流开关状态								补偿变压器状态			输出电压 /V
	SCR_7	SCR_8	SCR_1	SCR_2	SCR_3	SCR_4	SCR_5	SCR_6	T_1 /V	T_2 /V	T_3 /V	
153.5	1			1		1		1	+38	+19	+9.5	220
163	1			1		1		0	+38	+19	0	220
172.5	1			1		0		1	+38	0	+9.5	220
182	1			1		0		0	+38	0	0	220
191.5	1			0		1		1	0	+19	+9.5	220
201	1			0		1		0	0	+19	0	220
210.5	1			0		0		1	0	0	+9.5	220
220	1		1		1		1		0	0	0	220
229.5		1	0		0		1		0	0	-9.5	220
239		1	0		1		0		0	-19	0	220
248.5		1	0		1		1		0	-19	-9.5	220
258		1	1		0		0		-38	0	0	220
267.5		1	1		0		1		-38	0	-9.5	220
277		1	1		1		0		-38	-19	0	220
286.5		1	1		1		1		-38	-19	-9.5	220

3 控制电路的设计

硬件主控电路主要由单片机主控芯片 AT89C52、A/D 转换器 ADC0809、可编程门阵列 GAL16V8、光电

耦合隔离器及接口等组成。控制结构框图如图3所示。采样信号经 A/D 转换器转换成数字信号后通过 I/O 口输入到单片机 CPU,单片机 CPU 对输入信号进行分析运算,产生对应的系列触发信号通过 I/O 口输

出给晶闸管控制单元,或者输出其他信号至各个输出单元,由各执行单元实现相应功能^[4-6]。

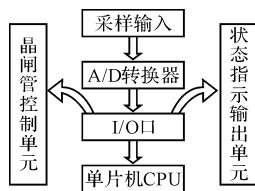


图3 控制结构框图

3.1 采样电路

三相采样电路如图4所示,采样变压器将采样的交流电压通过桥式整流滤波,经电阻分压输入至ADC0809。电位器 P_2 、 P_3 、 P_4 可以调节输入电压的大小,电路中 C_8 、 C_7 、 C_4 对输入的高频信号提供旁路,可以起保护作用,同时提高了电路的抗干扰能力。

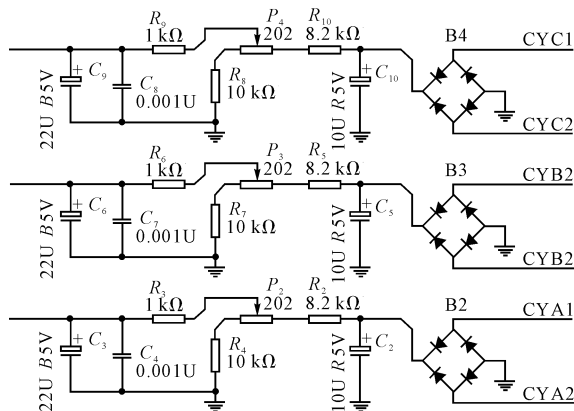


图4 三相信号采样电路

3.2 A/D转换电路

ADC0809与74LS02组成模/数转换电路,电路如图5所示。A/D转换器对输入采样电压进行模/数转换,并将转换后的数字信号经I/O口送至单片机CPU。ADC0809的12脚对地(16脚)的基准电压为+5V,由 P_2 进行调节, C_2 提供高频脉冲旁路。74LS02为ADC0809提供启动控制信号,地址锁存控制信号,并控制打开ADC0809的三态输出锁存器,两者组成A/D转换电路,完成了A/D转换功能。其中26~28脚为三相采样电压输入端,clock时钟控制端与单片机对外总线扩展口ALE端相连。

3.3 故障保护电路

故障保护电路如图6所示。GZC1与GZC2之间接熔断器 F ,当 F 熔断时,输出光电耦合器TLPS21-4内部的发光器件失电,光敏器件失去光照导通与地相连, D_3 随之导通,单片机AT89C52的INT0端接收低电平,即单片机外部中断0有请求,程序响应后控制声

光报警单元工作,完成了故障保护功能。

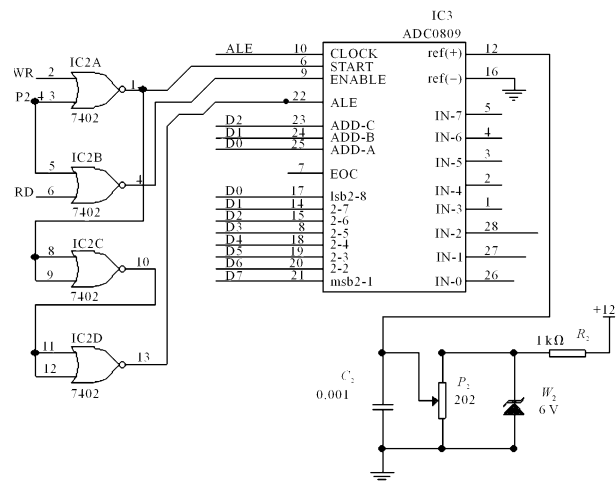


图5 A/D转换电路

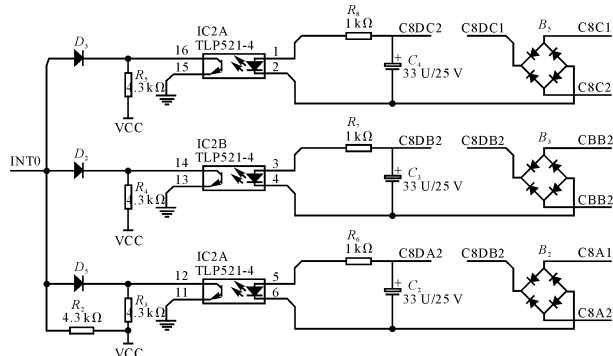


图6 故障信号采样电路

3.4 复位自启动

本设计采用555振荡器和4040计数器组成复位自启动电路。555振荡器为4040计数器提供计数脉冲,当单片机因受干扰死机时发出一个信号传至4040计数的复位端,4040计数器重新计数,计数输出信号传至单片机的复位端(RESET),使单片机复位自启动,实现自动化效果。

3.5 光电耦合隔离

光耦合器又称光隔离器,它是由半导体发光二极管和半导体光敏元件组合起来的器件。由于它是用光和半导体传输信号,具有输入端与输出电气绝缘性能好、共模抑制比大、响应速度快、使用寿命长等特点,本设计采用光电耦合器主要是为了防止外部电路对单片机内部电路的干扰,从而对控制电路起到了保护作用。

3.6 CPU运算控制电路

CPU运算控制电路主要由AT89C52单片机和通用阵列逻辑GAL16V8组成。CPU对A/D转换信号、故障判断信号等进行分析计算,输出至I/O接口,由I/O口再送至GAL门阵列及光电耦合电路输出到执

行单元。整体控制电路在这里不再详述。

4 接口电路的设计

目前交流稳压器很少配置通信接口。有的交流稳压器只配置简易的常开、常闭触点来判断电源是否正常工作或故障。而在一些无人值守的场合(例如:移动通信站)或控制室不在电源现场的场所要求交流稳压器配置通信接口,以方便管理人员对交流稳压器进行实时监控、监测。本设计中通信接口采用 RS232 及 RS485 接口,RS232 与 RS485 接口可通过手动切换。通过通信接口,控制室计算机能方便地对交流稳压器实现遥控、遥测和遥信(遥控—控制交流稳压器开机、关机;遥测—监测交流稳压器的输出电压;遥信—了解交流稳压器过压、欠压、缺相等工作状态信号)。

4.1 接口电路

RS232 接口采用 RS232(或 HIN232)芯片,其电路如图 7 所示。其 10(T232)、12(R232)端分别接如图 9 所示的 T232、R232,其 7(TXD232)、13(RXD232)接上位机。RS485 接口采用 SN75176 芯片,其电路如图 8 所示,其 4(T485)、1(R485)端分别接如图 9 所示的 T485、R485,其 6(TR+)、7(TR-)接上位机。RS232 与 RS485 接口手动切换通过 AN1 开关实现,TXD 与 RXD 接单片机,当 4-5、3-6 接通时,RS232 接口有效,当 1-8、2-7 接通时,RS232 接口有效^[7-8]。

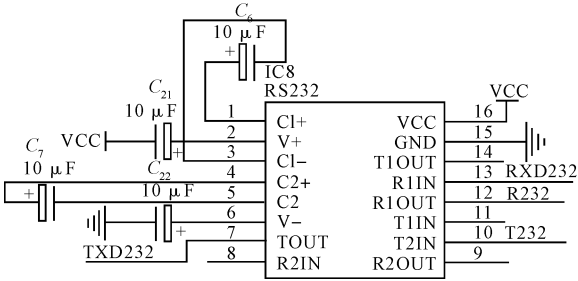


图 7 RS232 接口电路

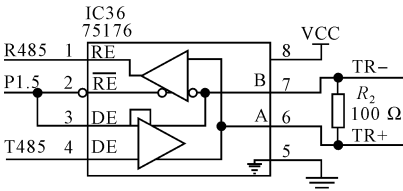


图 8 RS485 接口电路

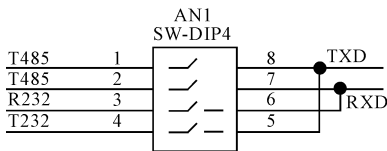


图 9 RS232 与 RS485 接口手动切换

4.2 通信界面设置

为了方便对交流稳压器进行遥控、遥测和遥信,笔者在上位机设置以下界面,如图 10 所示。通过这一界面,可方便实现遥控稳压器开机、关机,遥测三相输入电压、三相输出电压,遥信稳压器工作状态(正常、故障、过压、欠压、缺相)。

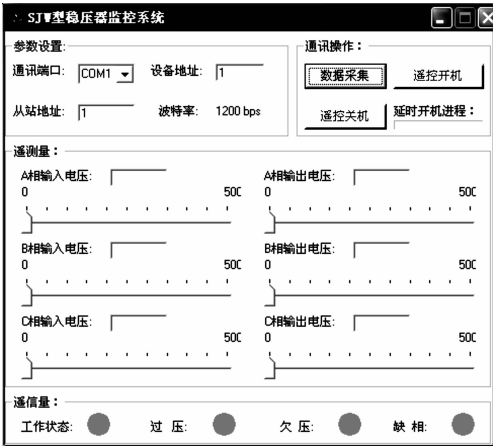


图 10 上位机界面设置

5 测试结果

对一台三相 30 kVA 无触点交流稳压电源各项性能指标测试结果如表 2 所示,经测试已达到预期效果。

表 2 三相 30 kVA 无触点交流稳压电源性能测试结果		
性能指标	测试结果	仪器仪表
抗电强度	2 000 V · min ⁻¹	耐压测试仪
绝缘电阻	≥1 MΩ	兆欧表
稳压范围	±30%	调压器、电压表(0.5 级)
稳压精度	±5%	调压器、电压表(0.5 级)
应变时间	≤0.2 s	测试台
效率	≥92%	调压器、电流表(0.5 级)、功率表
相对谐波含量	增量不大于 1%	失真仪、示波器
延时开机	延时 6 s 左右输出	测试台
过压保护	230 V 光报警 242 V 声光报警并跳闸	调压器
欠压保护	210 V 光报警 198 V 声光报警并跳闸	调压器
缺相保护	有	测试台
故障保护	有	测试台
来电自恢复功能	有	测试台
故障自恢复功能	有	测试台
遥控、遥测、遥信	有	上位计算机

6 结束语

近年来随着新设备、新仪器的不断出现,对交流供
(下转第 70 页)

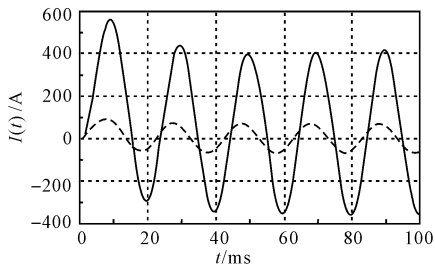


图 5 调整变压器分接头对合环冲击电流的影响

4 结束语

配电网合环操作时,除了要考虑合环稳态电流值,合环瞬间冲击电流的影响也不容忽视。如冲击电流过大,会使线路和电气设备承受巨大的电动力冲击,致使导线变形、设备损坏,也有可能造成继电保护误动,导致合环操作失败^[10]。本研究在合环暂态过程理论分析的基础上,基于调度 SCADA 系统获取的电网数据,结合某市市区 10 kV 配电网典型合环系统建立等值模型,对合环冲击电流进行了仿真计算。研究中指出了影响合环电流大小的主要因素是合环点两侧电压幅值差、相位差以及环网总阻抗;探讨了若不满足合环安全条件时可以采取的措施,并特别分析了调整合环点两侧电压差对控制合环冲击电流的作用。仿真计算结果表明,本研究所用的方法可以有效地分析配网合环暂态过程,弥补了以往研究中的不足,所采用的数学模型是正确的、可行的。在实际工作中,本研究可以为调度运行人员进

行合理的合环操作提供决策依据,从而提高供电可靠性,保证配电网更加安全、经济地运行。

参考文献 (References):

- [1] 叶清华,唐国庆,王 磊,等. 配电网合环操作环流分析系统的开发和应用[J]. 电力系统自动化,2002,26(22):66-69.
- [2] 苑 捷. 配电网合环操作的研究[J]. 陕西电力,2007,35(4):36-39.
- [3] 刘 磊,禹华然,金 鑫. 合环潮流的暂态过程分析[J]. 机电工程,2008,25(10):74-76.
- [4] 葛少云,李晓明. 基于戴维南等值的配电网合环冲击电流计算[J]. 电力系统及其自动化学报,2007,19(6):124-127.
- [5] 李光琦. 电力系统暂态分析[M]. 北京:中国电力出版社,2007.
- [6] 王伟灿,周显甫. 电力系统合环电流的分析及控制对策[J]. 供用电,2002,23(4):26-28.
- [7] 杨志栋,刘 一,张建华. 北京 10 kV 配电网合环试验与分析[J]. 中国电力,2006,39(3):66-69.
- [8] 于建辉,周 浩,陆 华. 杭州 10 kV 配电网合环问题的研究[J]. 机电工程,2007,24(10):54-57.
- [9] 王 庆,应庆强,摆存曦. 银川地区 10 kV 配电网合环电流及计算方法的研究[J]. 陕西电力,2007,35(2):41-44.
- [10] 陈 霄,王 磊,李 扬. 配电网合环冲击电流的分析[J]. 电力自动化设备,2005,25(4):40-42.

[编辑:柴福莉]

(上接第 63 页)

电也提出了新的要求。本设计通过多次试验、提升,解决了强电、弱电相互干扰的难点问题,设置“三遥接口”,上位机可方便实现对稳压器的遥控、遥测和遥信。通过实际产品的制作、测试,达到了预期的设计要求,并经过用户的使用,效果很好,已在一些移动无人值守站得到应用。在 10 kVA ~ 150 kVA 这一功率段,完全可以代替电刷调压式大功率稳压器,但成本稍高。

参考文献 (References):

- [1] DIERIKX E F. A MEMS-Stabilized AC voltage reference source[J]. IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement,2007,56(2):313-315.
- [2] 崔树清. 一种新型交流稳压电源的设计[J]. 通信电源技

术,2007,24(5):63-64,66.

- [3] 江友华,顾胜坚,方 勇. 无触点交流稳压器的特性研究及功率流分析[J]. 电力电子技术,2007,41(8):7-9.
- [4] 庄瑞飘,周熙文. 新型节能微电脑控制大功率交流电源研究与设计[J]. 仪器仪表学报,2005(2):710-713.
- [5] 官 威,刘 军,邓 焰,等. 基于谐振软开关的大功率高压直流电源[J]. 机电工程,2008,25(7):61-64.
- [6] 何立民. 单片机应用技术选编[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2000.
- [7] 余锡存,曹国华. 单片机原理及接口技术[M]. 西安:西安电子科技大学出版社,2003.
- [8] 温州康宏科技有限公司. SJW、DJW 系列交流稳压器产品说明书[M]. 温州康宏科技有限公司,2008.

[编辑:柴福莉]