

DOI:10.3969/j.issn.1001-4551.2013.02.027

基于PLC的工频串联谐振试验装置设计*

赖柏乐,孔德彭,罗 杰

(浙江工业大学 教育科学与技术学院, 浙江 杭州 310014)

摘要:为解决大容量设备在工频耐压试验时存在的“变压器和调压器体积大且笨重”的问题,将谐振技术和PLC控制技术应用到工频串联谐振试验装置中。开展了谐振状态的分析,建立了品质因数与试品容量之间的关系,提出了用PLC控制调压器的方法,该装置基于谐振原理,通过改变电抗器的电感量使回路处于谐振状态,利用PLC控制调压器的滑动触头,使试品可以在较低的输入电压下实现工频耐压试验。研究表明,工频串联谐振试验装置使大容量的设备在较小的电源容量下仍然能够实现耐压试验,同时还可以大大提高现场试验的便捷性。

关键词: 耐压试验; PLC; 工频串联谐振; 变压器; 调压器

中图分类号: TM4; TP273 **文献标志码:** A

文章编号: 1001-4551(2013)02-0236-04

Power frequency series resonance equipment based on PLC

LAI Bai-le, KONG De-peng, LUO Jie

(Education College of Science & Technology, Zhejiang University of Technology, Hangzhou 310014, China)

Abstract: In order to solve the problems of the size of the transformer and regulator getting very large and inconvenient in the power frequency withstand voltage test, the technology of PLC and resonance was investigated in the power frequency series resonance equipment. After the analysis of the resonant state, the relationship between the quality factor and sample's capacity was established. A method was presented to control the regulator by PLC. The method was evaluated on the theory of resonance, it changes the inductance of the reactor to make the circuit in the resonant state, and controls the contact of the regulator by PLC. As a result, the power frequency withstand voltage test of samples will come true under a low voltage. The experimental results show that equipment of large capacity can accomplish the power frequency withstands voltage test under a small capacity by using the power frequency series resonance equipment, in addition, it makes the experiment getting more convenient.

Key words: pressure test; PLC; power frequency series resonant; transformers; pressure regulator

0 引 言

随着电力系统的发展,运行设备的容量越来越大,使得试验变压器和调压器的体积变得越来越大且十分笨重,所以使用传统的试验变压器已经无法满足要求^[1]。针对这些大容量设备的交流工频耐压试验,前人在这一领域已经做了很多的研究,他们利用谐振原理研发了一些工频试验装置,这些装置在输入电源容量、设备重量和试验电压波形等各方面都具有相当的优势^[2]。

鉴于上述研究背景,本研究结合PLC控制原理,将PLC与工频试验装置相结合,通过PLC控制电机的转动,调整调压器的输出值,使试品上电压达到所需要的电压值;从而使试验时所需电源的容量大大减少,仅为试品所需容量的 $1/Q$ (Q 为品质因数),使原来很难在现场实现的大电容试品的耐压试验得以实施。

1 试验装置结构及组成

试验装置原理如图1所示。

从原理图中可以知道,该装置主要包括以下几个

收稿日期: 2012-08-24

基金项目: 浙江省社科联资助项目(2011B054); 浙江省教育厅资助项目(GD11011080100); 浙江工业大学教改资助项目(ZY1109)

作者简介: 赖柏乐(1990-),男,浙江安吉人,主要从事机械工程及自动化教育方面的研究。E-mail: 597928922@qq.com

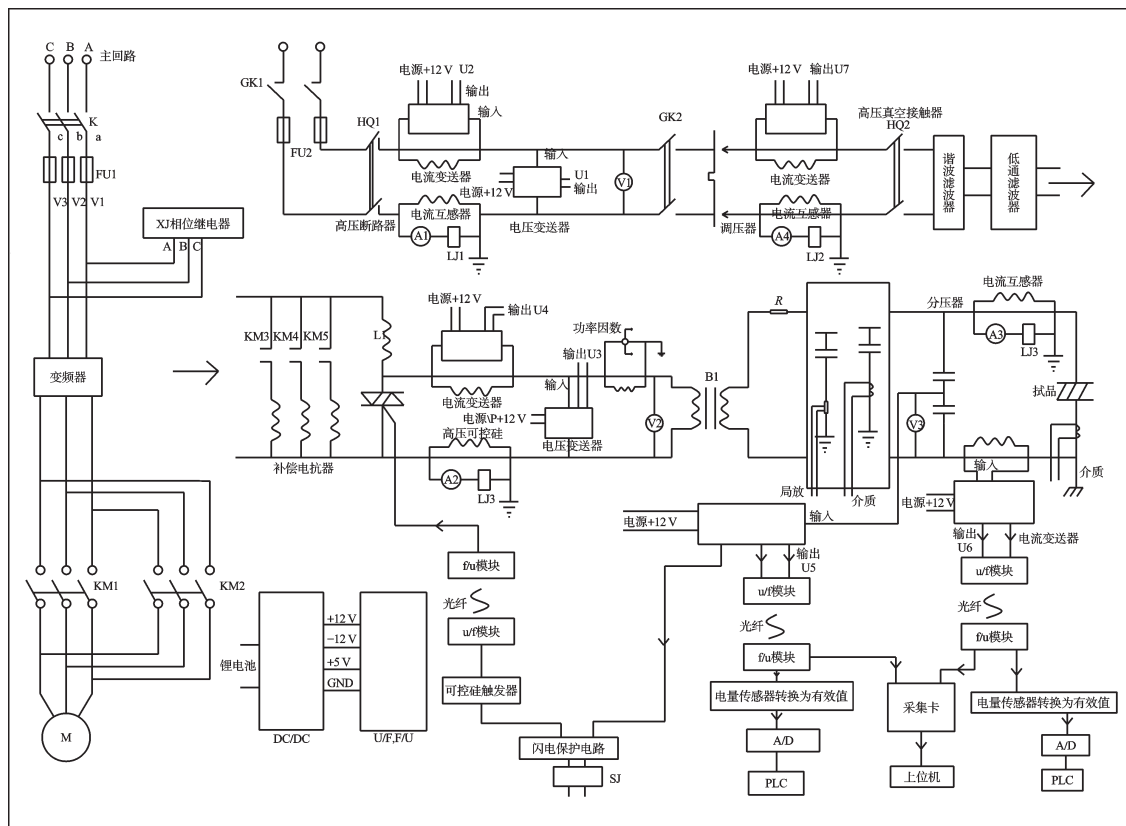


图1 试验装置原理图

重要组成部分:可调电抗器、激励变压器、电动调压器、PLC、调感式串联谐振系、触摸屏。各部分详细介绍如下。

1.1 可调电抗器

可调电抗器能在额定工作下,平滑、无级、连续地改变电抗值^[3]。该装置将选用TKS-31.5可调电抗器,通过调节电抗器的电感量,使:

$$|U_L| = |U_C| \quad (1)$$

式中: U_L —电抗器两端的电压, U_C —被试品两端电压。

即:

$$\frac{1}{\omega C_x} = \omega L \quad (2)$$

此时回路达到谐振状态,谐振原理如图2所示。

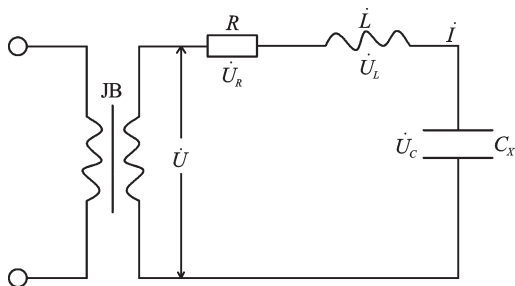


图2 谐振原理图

被试品 C_x 上获得的容量为:

$$S_c = I^2 \cdot \frac{1}{\omega C_x} \quad (3)$$

电抗器 L 上获得的容量为:

$$S_L = I^2 \cdot \omega L \quad (4)$$

激励变压器的输出容量为:

$$S = U \cdot I = I^2 R \quad (5)$$

品质因数为:

$$Q = \frac{S_c}{S} = \frac{I^2 \frac{1}{\omega C_x}}{I^2 R} = \frac{\omega L}{R} \quad (6)$$

通过改变电抗 L ,适当地设计回路的品质因数 Q ,谐振系统可在被试品 C_x 上获得 Q 倍输入电源的容量。

1.2 激励变压器

在该装置中,笔者采用CQSB(J)-10 kVA/7 kV、50 kV(J)/0.4 kV,励磁变压器的作用是将输出的电压升到合适的试验电压^[4]。

1.3 电动调压器

该装置中采用DT-10 kVA/380/0-420 V电动调压器,电动调压器是采用进口优质矽钢片环铁芯组成,配备电压表、电流表,实时监控用电设备的运行状况^[5]。产品采用全封闭设计,操作安全可靠。调压器的碳刷在弹簧压力作用下与线圈的磨光表面紧密吻合,电机带动碳刷在线圈磨光面上滑动而进行电压调整。

1.4 PLC数字/模拟量的设计

近年来,随着大规模集成电路的发展,以微处理器为核心组成的可编程控制器得到了迅速的发展^[6],

在电动机的运行控制、电磁阀的开闭、产品的计数、温度压力等的设定和控制等方面,可编程控制器正发挥着越来越大的作用^[7]。该装置的PLC采用OMRON公司的CPM1A-40CDR-A-V1,24点输入/16点输出。通过PLC控制电机的正反转,从而实现电动变压器的升压与降压功能。

在该试验装置中的具体I/O地址分配如表1所示。

表1 PLC的I/O点分布情况

输入单元		输出单元	
启动	00000	HQ1 储能指示灯	01000
停止	00001	HQ2 储能指示灯	01001
HQ1 储能限位开关	00002	HQ1 闸刀闭合指示灯	01002
HQ2 储能限位开关	00003	HQ2 闸刀闭合指示灯	01003
HQ1 闸刀	00004	升压线圈	01004
HQ2 闸刀	00005	升压指示灯	01005
升压开关	00006	降压线圈	01006
降压开关	00007	降压指示灯	01007
电压上限位开关	00008	联锁指示	01100
电压下限位开关	00009	警报	01101
复位	00010		

PLC电气控制接线图如图3所示。

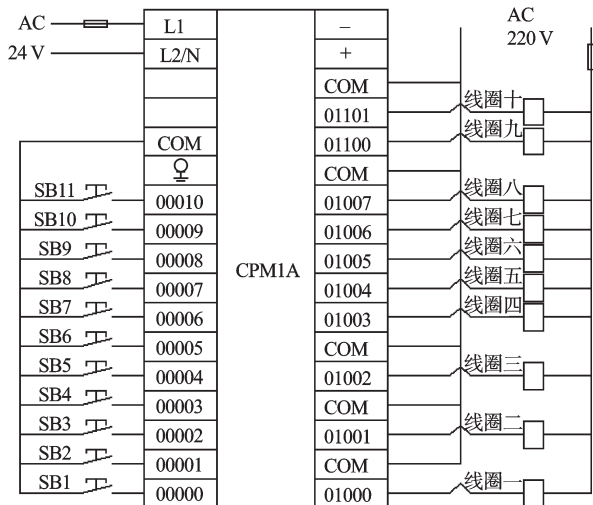


图3 PLC电气控制接线图

1.5 调感式串联谐振系统

调感式串联谐振系统是一个SCADA系统,是一个可以实现自动化控制的高压电力试验系统^[8]。上位机软件主要负责试验数据的显示,控制试验过程和状态。该系统应用了计算机技术和工业现场总线技术,并结合工业自动化技术而实现的智能化试验系统^[9]。

1.5.1 软件系统实现的功能

(1) 通过串口与ADAM(智能模块)通信,实时采集调压器输出电压 U_2 、电流 I_2 ;

(2) 通过串口与可编程控制器(PLC)通信实时采集各模拟量和开关量。模拟量包括电源电压 U_1 、电

流 I_1 ,功率因数 $\cos \phi$,高压 U_3 测量值;开关量包括主回路电源闭合状态,调压器上下限位开关状态,升降压状态,储能状态;

(3) 设备通讯端口自动检测,自动检测PLC、AD-AM通讯端口;

(4) 实时监测试验时的各种状态和数据;

(5) 绘制试验时高压 U_3 的实时曲线 U_3-T ;功率因数 $\cos \phi-T$,调压器输出电压 U_2-T ,输出电流 I_2-T ;

(6) 通过上位机软件下发各种控制命令,如升/降压操作,储能操作,高压控制开关操作;

(7) 试验数据管理,自动保存试验数据到数据库,并自动生成试验报告;

(8) 试验报告综合管理。

1.6 功率因数测控仪

该试验装置采用HH-9型功率因数测控仪,它采用微处理器作核心控制芯片,能准确地测定功率因数,并根据用户的要求发出8路控制信号,以满足各种不同的测控需求^[10-11]。

1.7 触摸屏

为了更好实现人机交互,该系统引入了触摸屏,选择eview品牌的MT4300C触摸屏,其小巧方便,通信简单,功能完备,软件设计简单易学,很适合中小型系统集成,通过触摸屏,将把系统所需要控制的内容,编写成相应的程序,最终在触摸屏的界面上显示出来。这样,不但大大提高了操作的方便性,而且能够显著提高工作效率^[12]。

本研究通过组态软件先建立PLC与触摸屏之间的通信,示意图如图4所示。

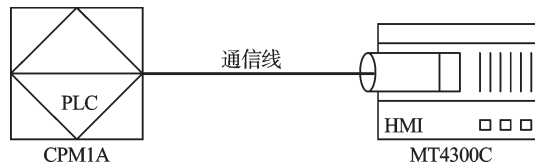


图4 PLC与触摸屏通信示意图

2 程序设计

该试验装置首先调整可调电抗器,使回路产生串联谐振;通过电流变送器、电压变送器将电路各部位的 U_1 、 $U_3 \cdots U_7$ 等参数传给PLC,将 U_2 、 I_2 参数实时传给ADAM通信模块,CHX(L)软件系统通过串口与PLC、ADAM模块通信,实时采集各模拟量和开关量,实时监控试验时的各种状态和数据,并绘制试验时高压 U_3 的实时曲线 U_3-T ,功率因数 $\cos \phi-T$,调压器输出电压 U_2-T ,输出电流 I_2-T 。操作者根据测得的数据,决定是否应该储能操作、升降压操作,如果需

要升压,则通过控制面板的操作按钮向PLC发送指令,通过PLC控制电机的转动,使电动调压器工作。不断循环这样的操作,直到被试品上的电压达到试验值。

控制示意图如图5所示。

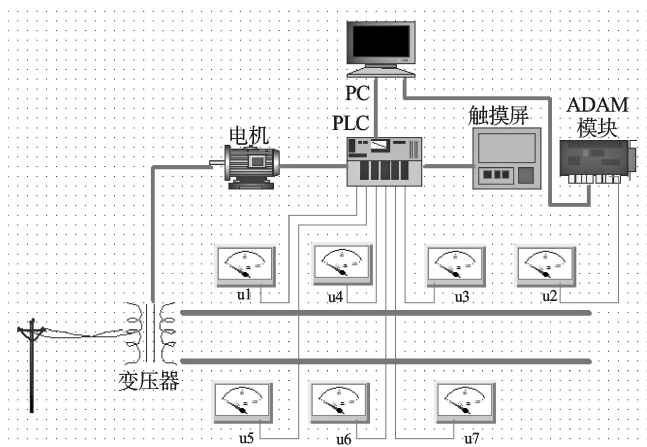


图5 控制示意图

3 结束语

各种大型电力变压器、电力电缆、汽轮及水轮发电机及其他容性设备的交流耐压试验都必须严格按照试验规程定期进行,采用本工频谐振试验装置大大减少了试验时所需电源的容量,并且具有储能的作用,当被试品击穿时,不会出现过电压,瞬时的短路电流减小为原来试验的 $1/Q$ ^[13]。由于试验电源容量小,调压器、控制台和激励变压器的容量都相应减少,使得原来很难在现场实现的大电容试品的耐压试验得以实施。

该系统采用CNX(L)软件系统,能够实时监控试

验时的各种状态和数据,并绘制相应的实时曲线,这使得操作变得更加方便。

参考文献(References):

- [1] 孔德鹏,廖家平. S7-200 PLC在中水回用气水反冲洗DA型滤池中的应用[J]. 电气应用,2005,24(6):29-32.
- [2] 王喜明,石晓梅. PLC在机场行李系统自动控制系统中的应用[J]. 电子工程师,2001(3):14-15.
- [3] 廖常初. 可编程控制器应用技术[M]. 重庆:重庆大学出版社,1992.
- [4] 廖家平,孔德鹏. 煤矿提升绞车自控系统设计[J]. 电工技术,2005(3):27-29.
- [5] 鲁艺,苏敏,杨成德,等. 基于可编程控制器的零功率装置控制保护系统[J]. 核动力工程,2006,27(2):87-90.
- [6] 王宁. PLC程控系统的程序调试[J]. 电子与自动化,1999(6):30-31.
- [7] 王玉琦,熊葵容. 可编程序控制器在温度控制中的应用[J]. 传感器世界,1998(4):21-22.
- [8] 马丽萍. 基于PLC的干燥箱温度控制系统[J]. 轻工机械,2011,29(4):51-54.
- [9] 王文华. 基于PLC控制的液动机机械手[J]. 轻工机械,2012,30(2):46-49.
- [10] 郝俊青,张煜潇,刘宏伟. PLC在电工实习中的应用[J]. 科技情报开发与经济,2009,19(4):188-190.
- [11] 林嘉,廉迎战. 基于PLC的住宅小区停车场管理系统[C]. 第十九届电工理论学术年会论文集,2007:176-180.
- [12] 甘红胜,邓谨,裘文阳. 基于PLC控制的电动水阀安全检测系统[J]. 机电工程,2009,26(11):104-106.
- [13] 郭慧静,杨宗霄. 基于PLC的啤酒膜包机的送切膜控制系统改造[J]. 轻工机械,2008,26(6):62-64.

[编辑:李辉]

(上接第231页)

参考文献(References):

- [1] 周云成,朴在林. 10 kV配电网无功优化自动化控制系统设计[J]. 电力系统保护与控制,2011,39(2):125-130.
- [2] 蔡昌春,丁晓群,王宽,等. 动态无功优化的简化方法及实现[J]. 电力系统自动化,2008,32(5):43-46,58.
- [3] 张勇军,俞悦,任震,等. 实时环境下动态无功优化建模研究[J]. 电网技术,2004,28(12):12-15.
- [4] 陈华凌,刘特奇. 基于GPRS的无线通信的电力负荷管理终端设计[J]. 机电工程,2010,27(4):112-114.
- [5] 林添顺. 基于GPRS的新型配电网自动化通信系统设计与实用性分析[J]. 电力系统保护与控制,2008,36(19):44-47.
- [6] 杨悦,李国庆. 配电网动态无功优化空间-时间解耦的一种新方法[J]. 电力系统保护与控制,2010,38(21):39-43.

- [7] 曾令全,罗富宝,丁金嫚,等. 禁忌搜索-粒子群算法在无功优化中的应用[J]. 电网技术,2011,31(2):130-133.
- [8] LIU Hao-ming, HOU Yun-he, CHEN Xing-ying. A Hybrid Algorithm of Ordinal Optimization and Tabu Search for Reactive Power Optimization in Distribution System[C]// Proceedings of the 3rd International Conference on DRPT, 2008, Portugal: [s.n.], 2008:1318-1324.
- [9] 余畅,林峰,刘皓明,等. 基于序优化禁忌混合算法的配电网无功优化[J]. 继电器,2008,36(6):20-25.
- [10] CHIS M, SALAMA M M A, JAYARAM S. Capacitor placement in distribution systems using heuristic search strategy[J]. IEEE Proceeding Generation Transmission and Distribution, 1997, 144(3):225-230.

[编辑:李辉]