doi: 10.11857/j.issn.1674-5124.2017080050

熔断器预热转换装置的设计及其分断能力验证

牛小东， 谢晓斌， 谢晓玲， 宋胜鹏
(甘肃电器科学研究院 甘肃省高低压电气研发检测技术重点实验室, 甘肃 天水 741018)

摘　要: 针对在大容量试验室进行熔断器分断能力试验测试过程中, 因设备因素的限制存在试验时间不能满足分断能力测试要求的缺陷, 该文设计预热转换装置中的低压大电流装置、转换高压装置、预热转换器 3 个重要部分, 提出运用 PLC+PC 的自动控制方法监控和操作预热转换过程。测试结果表明: 设计装置使得熔断器分断能力试验过程为 40 s, 控制在 30~45 s 内, 满足分断能力测试的要求, 并且实现全程自动控制, 降低试验设备被烧毁的风险, 提高试验成功率, 降低试验成本。

关键词: 熔断器; 预热转换装置; 分断能力测试; 测试仪器设计
中图分类号: TM563　　**文献标志码:** A　　**文章编号:** 1674–5124(2019)05–0116–05

Design of fuse preheating conversion device and test of its breaking capacity

NIU Xiaodong, XIE Xiaobin, XIE Xiaoling, SONG Shengpeng
(Gansu Province Key Laboratory of High-low Voltage Electrical Apparatus Inspection Technology,Gansu Electric Apparatus Research Institute, Tianshui 741018, China)

Abstract: In order to solve the defect that the time was limited by equipment of breaking capacity test on fuse in the large-capacity laboratory, three importance parts of fuse preheating conversion device, large current low-voltage device, conversion high pressure device and preheating conversion device were designed respectively, then use PLC+PC monitoring/operation to complete the preheating conversion program. The test results showed that the test time of the designed devices reach to 40 s could meet the requirements: 30 s to 45 s, the designed devices realized the whole process automatic control, reduced the risk of the test equipment being burned, improved the test success rate and reduce the test cost.

Keywords: fuse; preheating conversion device; breaking capacity test; design test instrument

0 引　言

熔断器是一种电流超过规定值一定时间后, 以其自身产生的热量使熔体熔化, 进而使电路断开的电流保护器[1]。熔断器广泛应用于低压配电系统、控制系统等用电设备领域, 是应用最普遍的短路和过电流保护器件之一。随着电力系统的不断升级, 普通熔断器在大电流、大电压的运行条件下, 分断能力会变弱而起不到保护作用, 考察熔断器的分断能力对于判定熔断器的性能优劣具有重要意义[2-3]。分断能力试验的时间通常需要 30~45 s, 而对于进行

收稿日期: 2017-08-15; **收到修改稿日期:** 2018-06-12
作者简介: 牛小东(1985-), 男, 甘肃天水市人, 高级工程师, 硕士, 研究方向为电气设计和检验检测技术研究。

分断试验的大容量试验室来说, 基于对回路承担大电流稳定性的考量, 试验时间往往限制在 10 s 以内, 远远不能满足分断能力试验的 30~45 s 的试验要求[4]。在实际试验过程中, 常规的做法是在低电压系统中施加试验电流, 在快到超过低电压系统负载能力时再转入高压系统继续试验, 以满足试验时间的长度需求[5-6]。然而, 这种试验方法尚不成熟, 在国内, 此类型试验项目的研究长期处于停滞状态, 急需有更多的学者参与其中进行研究与探讨[7]。

本文基于单片机+个人计算机(PLC+PC)的联合应用模式, 设计了一种适用于熔断器分断能力试验的预热转换装置, 以解决在试验过程中的低电压系统向高压系统切换的控制问题, 满足分断能力试验的时间需求。经测试, 该预热转换装置符合 IEC 60269 与 GB13539 的要求, 在降低试验主回路的容量要求, 提高试验成功率, 避免试品浪费等方面具有较高的经济效益。

1　预热转换装置的设计

本文设计的预热转换装置采用高速 PLC 及相关元件, 采取电气闭锁与程序闭锁相结合的方式。对于低压侧而言, 既可以接入调压器与多磁路变压器, 也可以接入恒流源装置; 对于高压侧而言, 既可以接入高压开断试验回路, 也可以接入低压开断试验回路。这种接入方式能较好适用于熔断器分断能力的测试, 其稳流部分作为单一稳流器用于温升、脱扣器整定、动作值测量等[8]。预热转换装置结构框架图如图 1 所示。

本设计中的预热转换装置主要由低压大电流装置、转换高压装置、预热转换器 3 个部分组成, 以下将对这 3 个部分的设计进行详细阐述。

1.1　低压大电流装置的设计

低压大电流装置内置交流电源, 采用自耦调压器、多磁路变压器、选相开关等构成主回路。低压电流的数据采集由电气试验数据采集系统通过所述分流器完成, 最大试验电流输出瞬时可达 120 kA 以上, 长期可达 12 kA。

图 2 为低压大电流装置电流放大部分的电路图。由电路图可知 Q1 和 Q4 构成三极管组合放大

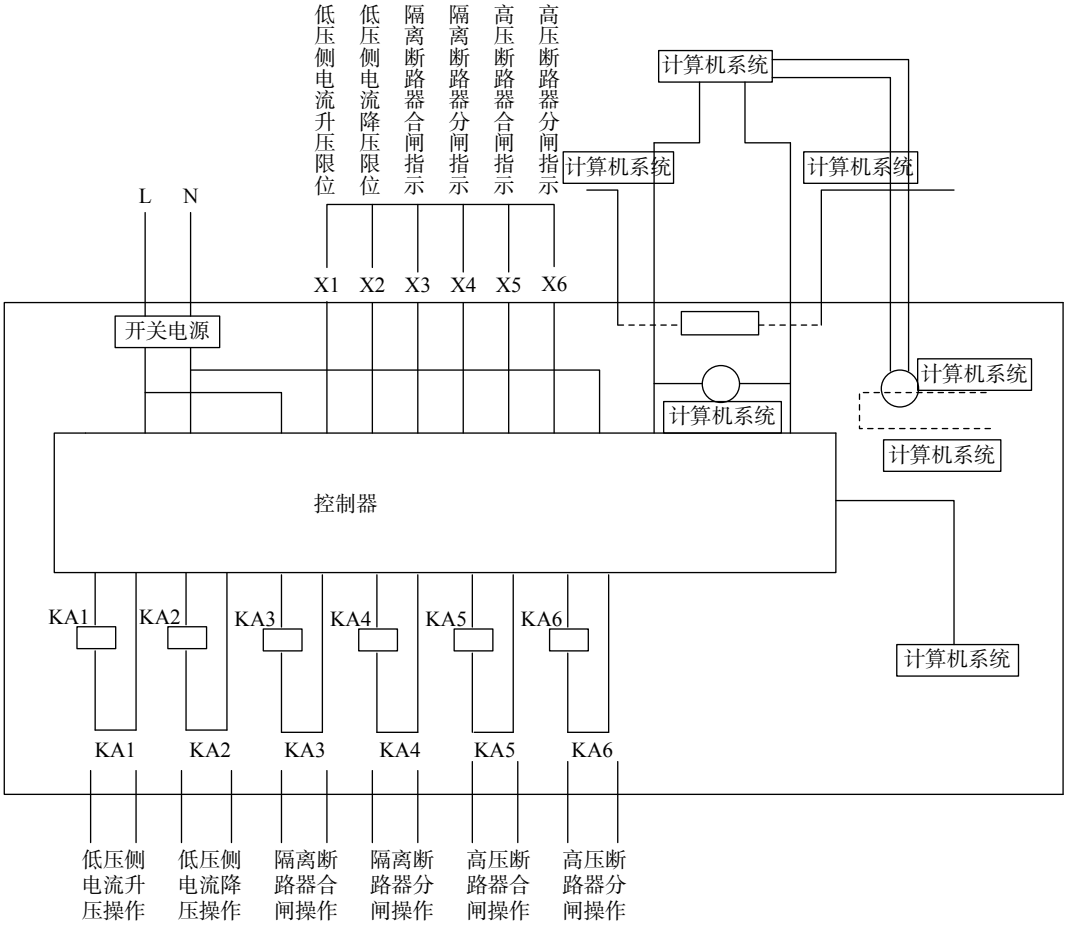


图 1　预热转换装置的结构框架图

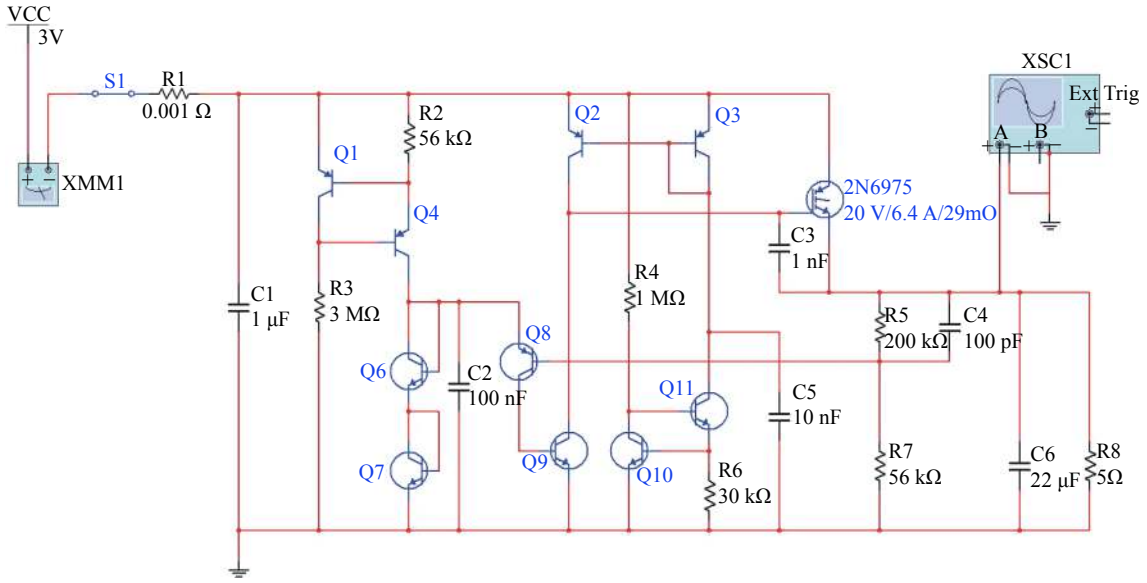
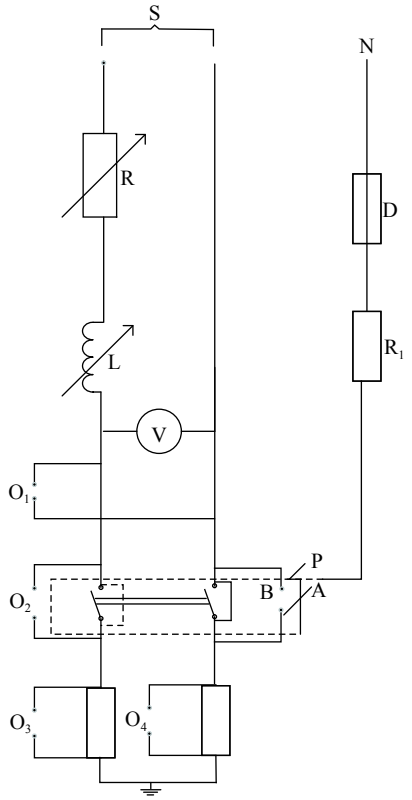


图 2 低压大电流装置局部电路图

电路，所以 Q4 集电极的电流得到两次放大。但 Q6 和 Q7 集电极和基极的电压相同，所以 Q6 和 Q7 不能导通，电流只能由 Q8 和 Q9 构成回路。而 Q8 和 Q9 与 C4 构成负反馈电路，当输出电流很大时，C4 充满电后，Q8 导通，接着 Q9 导通，使得大量电流流入电源负端，输出电流减小；当输出电流较小时，Q8 不通，电流经 Q2、Q3、Q10、Q11 组成的多级复合放大电路放大完成后，流向输出端，提高输出电流，因此该电路能保持输出电流稳定。

1.2 转换高压装置的设计

转换高压装置的线路设计图如图 3 所示。采用电阻器串联空心式电抗器作为负载，通过电阻器与电抗器对电流进行调节。进行极限通断能力试验时，阻抗需接在被试电器之前；进行临界通断能力试验时，被试电器之前接入的阻抗值不得大于试验电路总阻抗值的 10%。为了避免瞬变过程中两并联电抗器产生环流，电抗器 L 与电阻器 R 的电抗值需相等[9]。试验过程中，低感分流器接入主电路后可在被试电器触头两端引出信号来拍摄电压波形，但是为了避免对触头分断过程中暂态恢复电压的影响，该测量电路的总电阻值应大于 20 kΩ。此外，试验电源应保证在电弧熄灭瞬间的恢复电压不低于被试电器的额定电压值，在电源容量不足或电源内阻抗过大时允许将电源空载电压提高，但不得超过被试电器额定电压的 115%；如测试技术条件或测试标准中未规定各参数的允许偏差，则时间常数的允差为 0~20%，功率因数的允差为-20%~0，电流的允差为 0~10%[10]。



S.电源；N.电源中性点；R.可调负载电阻器；L.可调负载电抗器；R_1.电弧限流电阻器 I；D.熔丝；P.外壳或测飞弧用钢板；A.待测电器试样；B.调整定波电流的临时连接；O.数据采集系统；V.电压表。

图 3 转换高压装置的线路设计图

1.3 预热转换器的设计

先将熔断器置于低压回路，到了一定时间后再

将熔断器转入高压回路就能够满足分断能力测试的时间要求，低压回路向高压回路的切换需要预热转换器进行电热的转换，预热转换器原理图如图 4 所示。

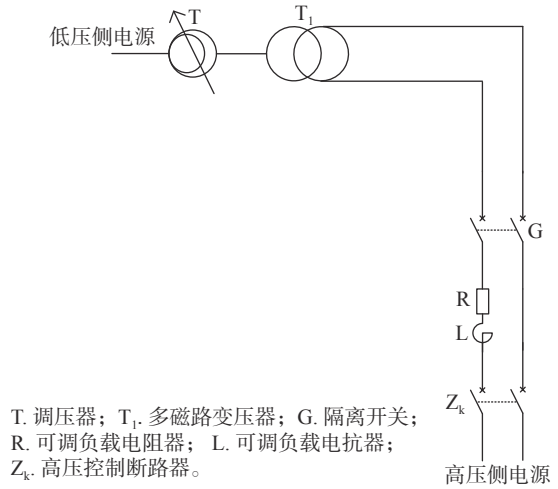


图 4　预热转换器原理图

预热转换器分为电热转换和控制两部分，电热转换低压侧采用的是分流器进行表计监测，高压侧采用的是线圈+积分器的组合来扩大测量监测范围。控制部分由高压控制断路器、低压电流调节器、低压调压器构成。高压控制断路器负责隔离开关分闸后启动大容量系统通电运行，低压电流调节器对低压系统的电流进行自动调节，低压调压器对低压系统提供免于瞬时高电压造成的损坏的保护。

该装置的核心要求就是要绝对保证隔离开关的隔离作用和缩短高压与低压转换之间的时间。隔离作用通过选择与高压侧相匹配的隔离开关实现，而缩短高压与低压转换之间的时间则需要在转换的各个环节上提高元器件开关及控制速度。

2　熔断器预热转换装置的 PLC+PC 控制

本试验中的预热转换装置采用基于 SERCOS 接口的 PLC+PC 控制系统，该控制系统如图 5 所示。在进行相关实验时，首先由工控机判断出各个继电器的状态以及各个行程开关的位置，然后再将信息传送给软 CNC 和软 PLC，软 CNC 再进行分析、译码，然后将各个信息（M、S、T 信息）交由软 PLC 进行控制，最后将低压大电流装置的相关数据、转换高压装置的相关数据、转换器装置的相关数据通过 PLC—SERCOS-Ⅲ 数据采集卡传送给

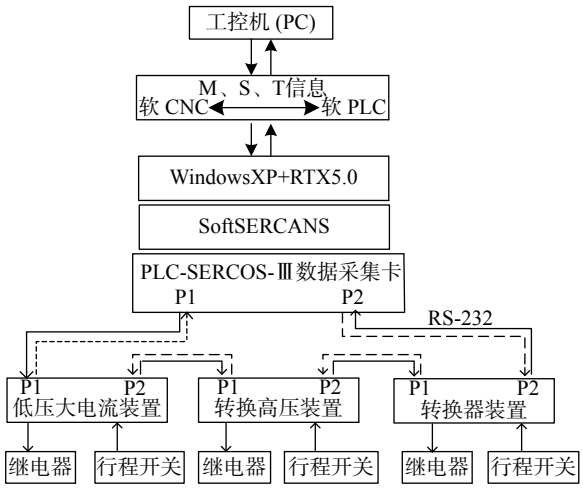


图 5　预热转换装置的 PLC+PC 控制流程

PLC、工控机，并且在触摸屏上显示相关数据，触摸屏安装的是 WindowsXP 系统。也可以由工控机和 PLCCPU 下达指令，并通过 PLC—SERCOS-Ⅲ 数据采集卡将指令传送到低压大电流装置、转换高压装置、转换器装置，从而控制来驱动熔断器部件动作。

3　设计装置的熔断器分断能力验证

为了验证本装置具有很好的熔断器分断能力，进行如下试验。本次试验选购的重要器件有：西门子 s7-200 PLC，天津四方恒业电气设备有限公司；ZW32-12 高压断路器，上海勇高电气制造有限公司；GN19-12kV 隔离断路器，深圳威川电气成套设备有限公司；干式多相双绕组多磁路变压器，四川省格辉阳电气有限责任公司；ADD-030S-205 直流恒流源，武汉艾德杰电子有限责任公司；TSGC2 三相接触式自耦调压器，上海汇光电气有限公司；MCS 分流器（体积 25 cm×15 cm×5 cm），北京美亚先科技有限公司；CKGKL 空心式电抗器，上海谷明电气有限公司；IGYX12P1783/L 传感器，买道传感科技（上海）有限公司。

熔断器分断能力试验电路图如图 6 所示，可根据试验要求调节电流，由可编程控制器通过低压侧电流升压操作。调节好大容量试验回路电流后安装好试品（熔断器），通过监控/操作计算机启动预热转

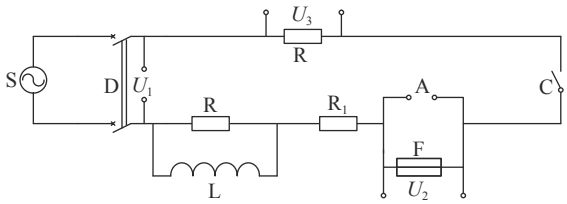


图 6　熔断器分断能力试验电路图

换程序，闭合隔离断路器，当达到设定时间时分断隔离断路器，再闭合高压断路器直至试品（熔断器）熔断。U_1 是电源电压，U_2 是分断试验后熔断体的恢复电压，U_3 是监测电路中分流器的电压信号。在熔断体分断试验中，U_1、U_2、U_3 通过数字功率计测试，可以直接读取电压、电流等相关数值。并根据表 1 在触摸屏中设计相应的参数。

表 1　熔断器分断能力试验条件

分断能力试验条件	电流/kA	恢复电压	恢复电压保持时间/s	分断能力试验时间/s	起燃角/(°)	接通角/(°)	起弧电压/V
试验要求	120/200	100%~110%额定电压	30	40	60~90	0~90	2 000

熔断器经测试的测试结果为：

1）熔断前没有持续燃弧、飞弧或危及周围的任何火焰喷出。

2）熔断后熔断器的零部件（除预定需更换的部件）没有发生妨碍它们继续工作的损坏。

3）试验后，绝缘电阻=70 kΩ。

4）熔断体熔断时出现的电弧电压没有超过规定值。

5）熔断器分断能力试验用时为 40 s。

本文设计的熔断器符合 GB13539 标准[11]，熔断器分断能力试验过程为 40 s，满足了高压熔断器的实际试验需要，达到了本文预期熔断器设计目的。

4　结束语

本文对熔断器中预热转换装置的 3 个主要部分：低压大电流装置、转换高压装置、转换预热器进行设计，以期满足大容量试验室熔断器分断能力试验时间的需求（30~45 s）。经分断能力测试，本文设计的转换预热装置，能够使该熔断器在正常运行时符合 GB13539 标准，降低了试验主回路的容量要求，并且提高了试验的成功率，避免了多次试验造成的样品浪费，节约了成本，提升了经济效益，使得该装置具有进一步研究应用的价值。

参考文献

[1] 钱红，张红. 熔断器分断能力的试验装置［J］. 电子元器件应用，2001，3(11): 25-26，41.

[2] 戴超，庄劲武，杨锋，等. 高压混合型限流熔断器用电弧触发器的弧前特性［J］. 高电压技术，2010，36(2): 350-355.

[3] 陈搏，庄劲武，肖翼洋，等. 10kV/2kA 混合型限流熔断器用电弧触发器的分析与设计［J］. 高电压技术，2012，38(8): 1948-1955.

[4] 韦强. 短路电流计算及断路器分断能力的选择［J］. 电世界，2003(6): 12-14.

[5] 项建新，齐忠毅. 同步控制断路器系统在低压电器试验站的应用［J］. 低压电器，2008(3): 58-62.

[6] 陆辉. 低压断路器分断能力校验的简化方法［J］. 电气应用，2013(18): 57-59.

[7] 丁永生. 论低压开关设备内断路器分断能力的合理选用［J］. 机电信息，2009(24): 44-46.

[8] 赵亚明，王晶. PC+PLC 在超高压大容量试验室的应用［J］. 自动化与仪表，2003(6): 45-47.

[9] 贾永岐，刘伟，张明莉. 复合变比 TA 高压智能转换装置的降损应用［J］. 华东电力，2011(4): 24-25.

[10] 陈搏，庄劲武，王晨，等. 直流熔断器短路分断试验的等效方法研究［J］. 电力系统保护与控制，2013(11): 93-98.

[11] 区洁珍，马啟田，张涛. 熔断器分断能力验证方法分析［J］. 江西化工，2016(3): 101-103.

(编辑:商丹丹)