

W KBC I装置电力电容器欠压保护动作电压异常的新解决方案

朱陶业^{1,2}, 张学庄¹, 郭有贵³

(1. 中南大学信息物理工程学院, 湖南 长沙 410083; 2 长沙理工大学电力与信息工程学院, 湖南 长沙 410077; 3 湘潭大学信息工程学院, 湖南 湘潭 411100)

摘要: 对于 W KBC I 四合一微机控制装置已投入运行的老用户而言, 如何在不影响其电力生产工作正常进行的前提下, 实现 W KBC I 装置对电力电容器欠压保护动作电压异常的技术改进, 是一个十分重要的问题。该文在以前研究的基础上, 对欠压约束模型中影响电力电容器欠压保护动作电压的另一个重要参数——动作参考比较电压——进行了理论分析, 为问题的解决提供了新的有效途径。现场实践表明, 该新方案顺利地实现了老用户在电力生产实践中对 W KBC I 装置所提出的要求。是作者的进一步研究与重要的补充。

关键词: 继电保护; 电力电容器; 欠压保护; 约束模型

中图分类号: TM531.4; TM772 **文献标识码:** B **文章编号:** 1003-4897(2006)14-0062-03

0 引言

W KBC I 装置是集微机监控、静态 CMOS 集成电路保护、中央信号、测量仪表于一体的“四合一”电力系统二次控制保护设备。它以单元化设计的静态 CMOS 集成电路模板负责完成对一次设备的保护, 保护模板的设置与一次被保护设备成一映射关系, 这样不仅提高了保护的可靠性, 而且维修方便, 查找故障快速; 以工业微处理器为核心的微机监控系统通过 I/O 采集工况数据并进行处理, 输出有关指令, 通过通讯接口可以实现遥测、遥信、遥控等通讯功能。微机系统具有自恢复能力, 具有非常强的系统生成功能, 可离线生成数据库, 各种模拟流程图和报表。广泛应用于 110 kV、35 kV、10 kV 电压等级的变配电系统^[2], 是国家原水利部与电力部推广的产品之一^[3,4]。在现场调试过程中, 电力电容器欠压保护动作电压无法满足要求。文献 [1] 从建立的数学分析模型出发, 找到了 WH5-22 电位器死区过大是导致上述现象的原因, 并提出了更换型号为 WX14-22 k 的多圈线性电位器的解决方案。据生产厂家与用户反映, 文献 [1] 的方案对新生产的装置而言, 实现方便, 动作定值整定快速, 很好地解决了 W KBC I 四合一微机控制装置对电力电容器欠压保护动作电压过低, 无法满足电力电容器欠压保护要求的问题, 但对已经投入运行的装置, 要更换电位器存在以下实际困难:

a 更换过程中, CMOS 静态保护系统要退出运行, 电站必需停电, 由此造成的负面影响较大。

b 工作量大。保护箱要搬出控制台, 与箱体相

连的所有接插口都要拔掉; 更换欠压保护取样电位器, 尽管只要焊三根线, 但因该电位器与其它保护单元 (线路保护, 变压器保护, 电容器保护) 的取样电位器都集中安装在一个面板上, 该电位器四周布满了其它保护单元的取样电位器, 在更换过程中即使是熟练工人在操作十分小心的情况下, 也很难避免不触动其它保护单元的取样电位器 (尽管取样电位器在保护单元动作定值整定完毕后都处于机械锁定状态), 为了保证保护单元动作定值的可靠性, 更换完毕后, 电容器保护单元及与该电位器相邻的其它保护单元必须重做整组实验, 整个改造过程最短也需 1 个小时。

c 在现场实现过程中, 电站管理人员为了避免停电带来的诸多负面影响, 往往抱侥幸心理, 一次设备在二次保护退出的情况下继续运行, 导致事故越级跳闸的现象时有发生。

对已投入运行的装置而言, 是否存在一种新的且有效的改进方案——既对用户电力生产负面影响最小, 又能较好地解决该类型装置对电力电容器欠压保护动作电压过低的问题。这是本文当时所面临的一个新挑战。

1 电力电容器电压保护动作原理

图 1 为 W KBC I 微机控制装置电力电容器电压保护的电压形成、取样及比较回路部分电路原理图。

从上述电路原理图可知: 该电路可以实时监视电力电容器放电 PT 的电压, 电压形成回路负责完成对 PT 电压的交直转换, 电压取样回路对整流后的脉动直流电压进行取样、滤波、稳压, 将电压信号

送电压比较回路, U_d 为欠压保护动作参考比较电压, 当电路中各元件的参数固定后, $f(d)$ 完全可以线性跟随 U_{AB} , 经运放器 b 进行比较, 完成对放电 PT

处的 A601 与 B601 之间的电压 U_{AB} 变化的监视, 一旦电压低于某一数值时, 欠压保护回路动作, 作用于电力电容器断路器跳闸。

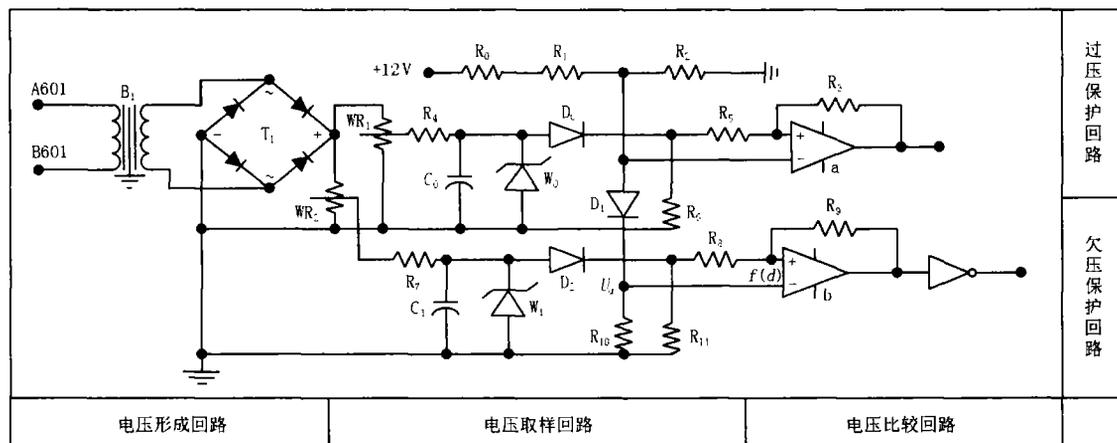


图 1 电力电容器电压保护前端电路原理图

Fig 1 Front-end circuits diagram of the electric power capacitor voltage protection

2 电位器阻值上限已知条件下的欠压约束

$$1.75 R_d \quad 22 \quad (3)$$

根据继电保护对电力电容器欠压保护的相关规程, WKBC 系列装置对电力电容器的欠压保护应遵循以下约束条件:

正常时, $U_{AB} = 100 \text{ V}$, $f(d) > U_d$, 运放器 b 输出高电平, 经反相变为低电平, 欠压保护回路不动作。

欠压时, $U_{AB} = 80 \text{ V}$, $f(d) < U_d$, 运放器 b 输出低电平, 经反相变为高电平, 欠压保护回路动作。

为了获得较好的继电特性, 要求欠压保护在 $U_{AB} = 90 \text{ V}$ 时返回, 这可通过调整运放器的正反馈电阻 R_9 来实现^[5]。

从图 1 可知: 比较回路的状态改变由以下因素决定, U_{AB} 、隔离变压器 B_1 的降压比 N 、取样电位器 WR_2 的分压比 P 、动作参考比较电压 U_d 等。根据电路原理可知, 动作电压 $f(d)$ 能线性跟随 U_{AB} , 根据基尔霍夫电压回路定律有^[6]:

$$f(d) = k_v P \frac{U_{AB}}{N} \quad (1)$$

式中: $f(d)$ 为动作电压, $k_v = 1.2$ 为整流滤波系数, $P = R_d / WR_2$ 为取样电位器的分压比, R_d 为分压电阻阻值。

根据文献 [1], 易得欠压保护回路的动作约束模型:

$$\frac{NWR_2 U_d}{120} \quad R_d \quad \frac{NWR_2 U_d}{96} \quad (2)$$

分压电阻 R_d 的物理约束:

1.75 k 为取样电位器的阻值上限, 22 k 为取样电位器的阻值下限。

式 (2) 与式 (3) 构成电位器阻值上限已知条件下的欠压联合约束。

3 改变动作参考比较电压是满足老用户要求的最佳方案

我们的目标是: 从所建立的电位器死区上限已知条件下满足不同约束条件下的数学模型出发, 采用调整其它参数来扩大分压电阻阻值工作区, 使得分压电阻工作区下限值大于电位器的死区上限值, 寻求一种不更换取样电位器的新方法达到满足电力电容器欠压保护动作定值整定的要求。

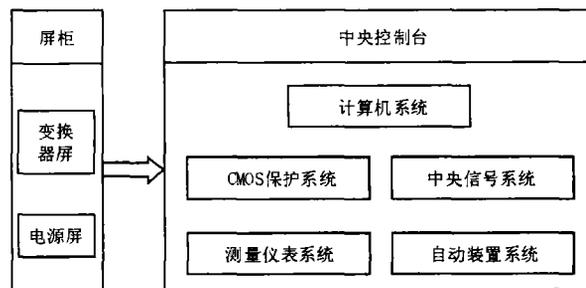


图 2 WKBC 四合一微机控制装置系统框图

Fig 2 Block diagram of microcomputer-based control device (WKBC) four in one

从图 2 可知, 各保护单元的电压形成回路统一安装在变换器屏上。取样回路 (除动作定值整定电

位器即取样电位器外)、比较回路、逻辑回路、延时回路、功率驱动回路都集成在电路板上,保护板的设置与一次被保护设备成一映射关系。为了便于定值整定,电位器统一安装在保护箱后侧的定值整定面板上,与相应的保护模板组成相应的保护单元。

从式(2)知,影响 R_d 的参数有:隔离变压器 B_1 的降压比 N ,取样电位器 WR_2 ,动作参考比较电压 U_d 等。通过更换隔离变压器改变降压比 N ,更换取样电位器改变 WR_2 的阻值,更换 R_0 、 R_1 、 R_2 或 R_{10} 的阻值改变动作参考比较电压 U_d 等应该说都是可行的改进方案。

隔离变压器安装在变换器屏上,属于强电区,周围安装有其它保护单元的变压器与变流器,更换也不方便,所以,此法不适合设备已投入运行的用户。电位器 WR_2 安装在定值整定面板区,更换过程中需要停电,会带来诸多的负面影响,此法也不适合设备已投入运行的用户。动作参考比较电压 U_d 与 R_0 、 R_1 、 R_2 、 R_{10} 等有关,它们安装在保护箱内的电路板上,电路板通过保护箱内的72线插排与保护单元一一对应,更换电路板十分方便,可以进行热拔插,更换过程中无需停电。因此,通过更换电路板上相应的电阻阻值,改变动作参考比较电压 U_d 来实现上述研究目标,对设备已投入运行的用户而言,应该说是一个行之有效的最佳方案。

将 $N=5$, $WR_2=22\text{ k}$ 代入式得:

$$0.92U_d R_d = 1.15U_d \quad (4)$$

由式(3)、(4)易得: $1.90 U_d = 19.1$

对各种因素进行综合考虑,认为 U_d 取 2.5 V 最好。

从图1可知,改变 R_0 的阻值即可实现。按 $U_d=2.5\text{ V}$ 计算,将 R_0 用 47 k 的电阻替代即可, R_0 原来的阻值为 91 k 。

4 现场检验与结论

将保护箱上电力电容器保护单元的动作出口开关拨向断的状态,从保护箱中拔出电力电容器保护电路板,将原来的电阻 R_0 焊掉,焊上 47 k 的电阻,用转插板将电力电容器保护电路板与保护箱中的电容器保护单元相连,用数字式万用表测试,此时, $U_d=2.51\text{ V}$ 。再将动作出口开关拨向通的状态,从二次侧做电力电容器保护单元的整组实验,在A601与B601间加 80 V 交流电压,调整 WR_2 ,欠压保护动

作,提高A601与B601间的电压,欠压保护在 92 V 返回,实验结果满足用户要求。将电力电容器保护电路板插回保护箱即可。

上述工作实现简单快捷,10分钟内即可完成。改造过程中,只需将电力电容器保护单元退出运行10分钟,不影响其它保护单元的正常运行,完全满足设备已投入运行用户的改造要求。

参考文献:

- [1] 朱陶业,杨家林. W KBC-I装置电力电容器欠压保护定值异常原因分析[J]. 继电器, 2000, 28(12): 59-60
ZHU Tao-ye, YANG Jia-lin. Cause Analysis of Abnormal Settings of W KBC-I Under-Voltage Protection for Electric Power Capacitor[J]. Relay, 2000, 28(12): 59-60
- [2] 朱陶业,张学庄,杨维东. 对W KBC-I型装置跳闸控制电路拒动的研究及改进[J]. 继电器, 2005, 33(20) 79-84.
ZHU Tao-ye, ZHANG Xue-zhuang, YANG Wei-dong. The Study and Improvement on Control Circuit Non-act and Wrong Act of Device (W KBC-I) [J]. Relay, 2005, 33(20) 79-84.
- [3] 水农电[1994]36号. 电力工业部司局文件[Z].
Shuiongdian[1994]No. 36. Document of Ministry of Electric Power Industry[Z].
- [4] 电生[1994]4号[Z]. 水利部司局文件.
Diansheng[1994]. No. 4. Document of Ministry of Water Reservation[Z].
- [5] 贺家李,宋从矩. 电力系统继电保护原理[M]. 北京:中国电力出版社, 2001.
HE Jia-li, SONG Cong-ju. Principle of Electrical System's Relay Protection [M]. Beijing: China Electric Power Press, 2001.
- [6] 邱关源. 电路[M]. 北京:高教出版社, 1999.
QIU Guan-yuan. Electric Circuit[M]. Beijing: Higher education Press, 1999.

收稿日期: 2005-12-08

作者简介:

朱陶业(1965-),男,博士,高级工程师,从事变形监测数据处理及电力系统自动化控制等方向的教研工作; E-mail: zhuty_2002@163.com

张学庄(1940-),男,博导,教授,从事光电子测量技术及测控机器人等方向的教学、研究工作;

郭有贵(1968-),男,博士,从事电力电子的教研工作。

(下转第80页 continued on page 80)

- lectric Power Systems, 2003, 27 (4): 77-81.
- [22] JANG Hong-bo Multi-terminal HVDC Systems in Urban Areas of Large Cities[J]. IEEE Trans on Power Delivery, 1998, 13 (4): 1278-1284.
- [23] 张凯, 李庚银, 梁海峰, 等. 基于电压源换流器 HVDC 系统稳态控制及仿真 [J]. 电力系统自动化设备, 2005, 25 (3): 79-82
ZHANG Kai, LI Geng-yin, LIANG Hai-feng, et al Steady-State Control Strategy and Simulation of VSC-HVDC[J]. Power System Automation Equipment, 2005, 25 (3): 79-82
- [24] Fawzi A, Jowder R. VSC-HVDC Station with SSSC Characteristic[J]. IEEE Trans on Power Electronics, 2004, 19 (4): 1053-1059.
- [25] JANG Hong-bo, Ekstrom A. Harmonic Cancellation of a Hybrid Converter[J]. IEEE Trans on Power Delivery, 1998, 13 (4): 1292-1296
- [26] Jiang Y, Ekstrom A. Applying PWM to Control Over-currents at Unbalanced Faults of Forced-Commutated VSCS Used as Static VAR Compensators [J]. IEEE Trans on Power Delivery, 1997, 12 (1): 273-278
- [27] Jiang-Hafner Y, Duchon H, Linden K Improvement of Sub-synchronous Torsional Damping Using VSC HVDC [A]. IEEE 2002 998-1013
- [28] Huang Z, Ooi B T, Dessaint L A, et al Exploiting Voltage Support of Voltage-Source HVDC [J]. IEEE, 2003: 252-256

收稿日期: 2006-01-03; 修回日期: 2006-03-03

作者简介:

唐健 (1979-), 男, 硕士研究生, 主要从事电力系统稳定与控制方面研究; E-mail: agtj2004@163.com

刘天琪 (1962-), 女, 博士, 教授, IEEE 会员, 研究方向为电力系统稳定与控制, 高压直流输电和调度自动化;

李兴源 (1945-), 男, 教授, 博士生导师, 中国电机工程学会理事, IEEE 高级会员, 从事电力系统稳定和控制等方面的研究工作。

Current development on the mathematic model and control of VSC-HVDC

TANG Jian, LIU Tian-qi, LI Xing-yuan

(School of Electric Engineering and Information Technology, Sichuan University, Chengdu 610051, China)

Abstract: With the rapid development of the power grid, HVDC is becoming more and more important in China. But conventional HVDC has the shortcomings such as the possibility of commutation failure, and the demand of vast amount of reactive power during operation. As a new technology, VSC-HVDC can make up the mentioned weaknesses of conventional HVDC, so it attracts the interests of researchers all around the world. To promote the further study of VSC-HVDC in power system, the main fruits of VSC-HVDC are surveyed in mathematical model and control strategy respectively, its present applications are summarized, and its existing problems and research development are discussed.

Key words: HVDC; VSC-HVDC; mathematical model; control strategy

(上接第 64 页 continued from page 64)

New solutions of abnormal settings of WKBC I device under-voltage protection for electric power capacitor

ZHU Tao-ye^{1,2}, ZHANG Xue-zhuang¹, GUO You-gu³

(1. College of Information and Physical Engineering, Central South University, Changsha 410083, China;

2. Computer and Communication Engineering College, Changsha Science and Technology University, Changsha 410077, China;

3. College of information and Engineering, Xiangtan University, Xiangtan 411105, China)

Abstract: It is very important to design a better new method that achieves technique amelioration of abnormal settings of WKBC I under-voltage protection for electric power capacitor under normal electric power transmission to transformer substation of the device working. An effectual method has been obtained through analyzing the other one important parameter (operation reference voltage) that affects the capacitor under-voltage protection operation in under-voltage bound model on reference [1]. On-site experience shows that the new method is successful in meeting the user's need to WKBC I device in transformer substation.

Key words: relay protection; electric power capacitor; under-voltage protection; restriction model