

# 基于光纤通信的远方备自投设计与实现

唐海军

(常德电业局,湖南 常德 415001)

**摘要:** 针对 110 kV 电网联络线上中间变电站失压时,原有变电站备自投装置无法发挥作用的情况,研究了一种利用已有光纤通信通道传递运行状态信息、故障信息和跳合闸命令方式的备用电源自投方案。通过改进原有备自投装置的原理及逻辑,加装通讯接口和光通讯模块,实现与光纤网的接口。经在某城区 110 kV 电网中的应用与实施,较好地实现了多级串联电网远方备用电源自投。

**关键词:** 备自投; 故障检测; 光纤通道; 远方实现

**中图分类号:** TM762 **文献标识码:** B **文章编号:** 1003-4897(2006)04-0080-03

## 0 引言

近年来,变电站备自投装置(简称 BZT)在 110 kV 及以下电网中得到了广泛应用,起到了保持电网稳定和提高供电可靠性的作用。通常这些 BZT 都安装在正常运行方式下的开环点(或电网运行方式变化有可能用作开环点的地方),当工作电源消失时对开环点(热备用)开关实现快速自动投入,以便经备用电源快速恢复对该站的供电。然而,在现实 110 kV 电网中有一些联络线上还串有几个中间变电站,即串联接线电网,正常方式下中间站没有设置开环点,一旦上级(靠电源侧)电网因故障或其它原因引起电源中断,则会使该站及下级变电站无法经 BZT 自动恢复供电。如何检测、判断故障,通过何种方式传递、交换站间信息,以便隔离故障,提高供电可靠性,一直是一个难题。笔者针对这种电网结构的备自投进行了深入研究。

## 1 串联电网结构

对于 110 kV/220 kV 电磁环网,按文献 [1] 中分析,必须开环运行,有利于继电保护配置简化、上下级保护定值配合,有利于系统稳定控制。因此,如图 1 所示电网,正常运行时,在 220 kV 枢纽变电站 A、B 站之间的 110 kV 联络线在 C 站的开关  $K_3$  设为开环点(即  $K_3$  正常断开,且处于热备用状态, $L_2$  作为空载充电线路)。

## 2 原有 BZT 的不足

如图 1 所示,当 C 站进线( $L_1$ )失去工作电源时,C 站装设的 BZT 经过检测、判断、比较而启动,

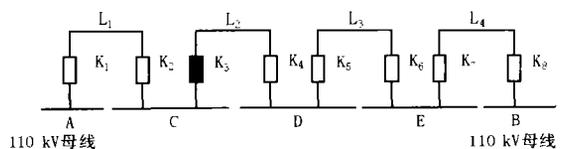


图 1 110 kV 串联电网结构

Fig 1 110 kV serial network structure

先隔离故障跳开  $K_2$ ,后合上  $K_3$ ,C 站经  $L_2$  支路(转 B 站)供电,备自投过程结束。然而,对于 D、E 站其工作电源失去时情况就大不一样了。尽管 D 站也装有 BZT,这时是不起作用的,只有在电网运行方式改变,如  $K_4$  或  $K_5$  作为开环点时,其 BZT 才能发挥作用;E 站的情况与 D 站相似。因此,在此种方式下,当 D、E 两站失去电源侧(B 站)工作电源时,无法依靠本站 BZT 尽快恢复供电,只有通过人工操作 C 站设备并隔离电源侧故障,才能恢复对 D、E 两站的供电。由于人工操作复杂,加上现有 110 kV 变电站都实现了无人值班,操作队离现场都有一定距离,使得操作占用时间较长,不仅会影响对用户的供电,而且直接关系到供电部门的利益和形象。

解决问题的有效方法是运用先进的通信技术使几个站的 BZT 互相联系,当电源线路发生故障时,它们将自动互相协调地改变有关变电站开关的状态,快速恢复失电变电站的供电能力 [2]。

## 3 几种通信方式的比较

1) 文献 [2] 提出了基于 TCP/IP 以太网通信技术的 BZT 方案,其特点是应用了计算机网络通信技术,装置间的通信数据采用建立在 IP 协议上,局域网实现 BZT 装置的互相通信,装置之间无需建立专用的通信线路。每套网络 BZT 分发送端装置和接

收端装置,分别安装于不同变电站,各有自己的 IP 地址。这种方式的不足是:要在站间建立局域网,要设计和研制专用的 BZT 发送与接收端装置,以及网络服务器;通信不可靠,执行反校时间较长,程序编制复杂,安全防护难度大。

2) 文献 [3] 阐述了利用 GPRS 技术,即通过终端到终端或者终端和互联网之间的无线 IP 连接,数据以“分组”的形式通过 GSM 系统的空中信道传递,实现点对点、中心对多点以及多点之间实时对等的数据传输,利用其传输保护控制信息的方案。其特点是覆盖面广、高速率 (171.2 kbit/s),永远在线。这种方式的不足是:安全性能不高,安全防护难度大,终端设备投资大,通信信道利用率低。

3) 由于通信网络的不断发展壮大,各个 110 kV 变电站之间大都实现了光纤通信,利用光纤通信传输控制及继电保护信息,具有传输质量高,误码率低,抗干扰能力强等优势<sup>[6]</sup>。因此,站间通信变得相当可靠,且具有传输容量大,接口方便灵活,为实现远方 BZT 所要求的站与站之间故障检测、数据交换及跳合闸命令的传输提供了良好的基础。

笔者根据常德电网中 220 kV 铁山变与 220 kV 德山变之间 110 kV 联络线的实际情况 (见图 2),尤其是已建成的光纤通信网络的现状 (见图 3),设计了一套实施方案。

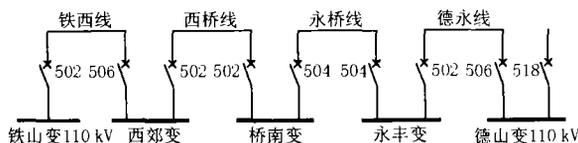


图 2 常德电网 110 kV 串联电网

Fig 2 110 kV serial net in Changde Power Grid

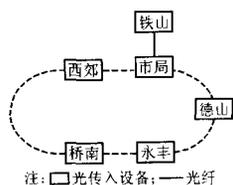


图 3 现有光纤通讯网络

Fig 3 Existing optic-fiber communication network

#### 4 远方实现解决方案

1) 远方 BZT 功能要求。尽管利用常规 BZT 可以比较方便地构成备投逻辑<sup>[4]</sup>,但是它的缺点是不能够实现故障信息的数字化和备投逻辑的智能化。因此,灵活性原则下数字式 BZT 最合适。为了实现

远方备自投,其装置必须增加如下功能: a BZT 功能的设置。设置“本站远方”功能的手动切换,以便现场人员根据电网运行方式调整 BZT 方式;引入两进线开关位置接点开入量 (串接),及有关电压量 (见图 4),以实现 BZT 方式的自动判别。 b BZT 内需配置光通信板,以光接口方式对外通信、传输检测到的异常数据及开关量信息;同时,装置还可配外置光通信转换装置,以便必要时实现与变电站 PCM 设备的复接<sup>[5]</sup>。

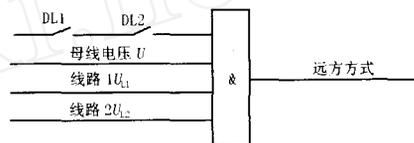


图 4 “远方”方式判别

Fig 4 “Far-away place” method discretion

2) 通道及接口。 a 专用光纤方式。利用专用光纤传送保护信息时,可将 64 kbit/s 的 BZT 信息编码后直接调制在发光二极管 (LED) 或半导体激光器 (LD) 的输出回路中,再发送至对端;在数据接收端,再将光信号解调成 64 kbit/s BZT 信号。这种方式传输环节较少,构成简单,但光纤芯利用率太低 (见图 5)。 b PCM 复用方式。目前一般采用 64 kbit/s 同步数据接口,64 kbit/s 数据信号经保护专用 PCM 复接在 2 Mbit/s 信号,经光纤传输。这种方式的光芯利用率高,综合成本低,其传输可靠性较高,只是中间环节较多<sup>[6]</sup>。

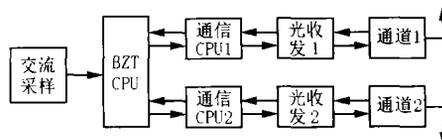


图 5 远方 BZT 结构

Fig 5 “Far-away place” BZT structure

由于铁山变至德山变 110 kV 变电站间光纤通道已建成多年,且纤芯为 12 芯,有足够纤芯通道资源。因此,站间通讯均采用专用光纤方式。

3) 远方 BZT 逻辑 (见图 6)。根据开环点是否在本站,用手动和自动来确定方式。自动方式下,装置默认方式为“本站开环”方式,当图 4 中条件具备,则自动转换为“远方开环”方式。

“本站开环”方式:即为开环点设在本站的方式,变电站接线见图 7。其逻辑为: a 母线失压,DL1 处于合位,在线路 2 有压情况下跳开 DL1,合 DL2; 母线失电,DL2 处于合位,在线路 1 有压情况下,跳

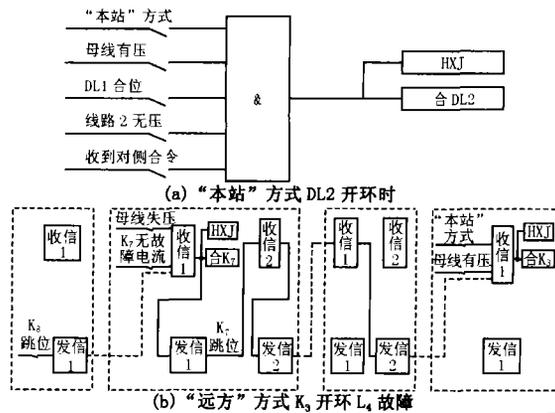


图 6 远方自投逻辑框图

Fig 6 Logic of the "far-away place" from the hurl

开 DL2 合 DL1; 当工作电源断路器偷跳, 合备用电源。为防止 PT 断线时 BZT 误动, 取线路电流作为母线失压的闭锁判据<sup>[8]</sup>。b 母线有压, DL1 处于合位, 线路 2 无压, 接收对侧合闸信号, 合 DL2; 母线有压, DL2 处于合位, 线路 1 无压, 接收对侧合闸信号, 合 DL1。

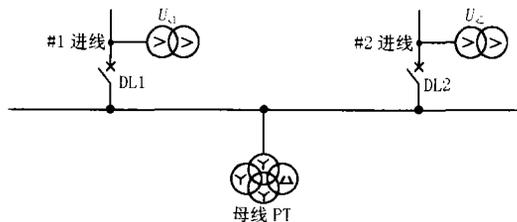


图 7 变电站典型接线

Fig 7 Typical model connection of transformer substation

“远方开环”方式: 即开环点不设在本站的方式, 以图 1 中  $L_4$  故障为例 (其它故障情况略), 其逻辑为: B 站  $K_3$  跳闸, B 站 BZT 经  $T1$  ( $T1$  为 B 站 110 kV 主变后备保护、110 kV 出线保护中最长时间与 B 站 110 kV 出线最长 ZCH 时间之和, 并考虑裕度  $T$  ( $T$  取 0.5 s)) 启动发信 (发  $K_3$  跳闸位置及电流越限信息), E 站收到, 且本站母线失压,  $K_7$  无故障电流, 跳  $K_7$ , 隔离故障, 且发信  $K_7$  跳闸位置至 D 站, D 站收到信号发至 C 站, C 站经“本站”方式确定, 且母线有压, 合  $K_3$ 。

4) 现场试验与运行。2005 年 1 月, 由湘能许继公司对原有 WBT-820 装置<sup>[9]</sup>进行改造后, 在图 2 所示各变电站现场进行了安装调试, 模拟各种故障及逻辑, 整组试验正常, 当即投入运行。2005 年 3 月 4 日, 德永线单相永久性故障, 德山变德永线 (512) 零序二段保护动作, 开关跳闸, 重合闸动作不成功; 永丰变 BZT 动作跳 502 开关, 西郊变 BZT 动

作合 506 成功, 桥南变、永丰变恢复供电。

## 5 存在的不足

1) 如果 220 kV 变电站的 110 kV 母线上还接有其它电源, 要考虑“同期”的问题, 将使 BZT 逻辑复杂, 有待进一步探讨<sup>[7]</sup>。

2) 当 220 kV 变压器 110 kV 侧开关跳闸时, 开环点开关  $K_3$  合闸冲击影响较大, 涌流冲击对备用线路上级保护有影响<sup>[7]</sup>, 可能引起保护误动作, 还有可能因所带负荷较多, 而使设备 (变压器、线路) 严重过载, 有待进一步采取措施。

## 6 结语

本文根据特殊的 110 kV 串联电网结构, 研究设计了利用已有的光纤通信通道, 实现远方 BZT 方案。该方案需对 BZT 装置作必要的改造, 同时借助现有光纤通信网络资源, 采用专用光纤方式, 结构简单、投资少、独立性强、实用性强。通过在常德电网中的应用与实现, 并经过半年的试运行和实际故障考验, 验证了其可行性和实用性。

## 参考文献:

- [1] 成涛, 成连生. 电力系统的电磁环网运行 [J]. 华中电力, 2001, (6): 17-19.  
CHENG Tao, CHENG Lian-sheng Study on Electromagnetic Loop Network Operation of Power Systems [J]. Central China Electric Power, 2001, (6): 17-19.
- [2] 程亮, 等. 基于 TCP/IP 以太网技术的数字式变电站备用电源自投装置的研制 [J]. 电网技术, 2004, 22 (11): 81-83.  
CHENG Liang, et al Development of Digital Automatic Switching Device for TCP/IP Based Emergency Substation Power Source [J]. Power System Technology, 2004, 22 (11): 81-83.
- [3] 崔秀玉, 等. GPRS 技术在电力系统通信中的应用 [J]. 电力系统通信, 2004, 25 (8): 3-4.  
CUI Xiu-yu, et al The Technique of GPRS in the Electric Power System Correspondence of Application [J]. Telecommunications for Electric Power System, 2004, 25 (8): 3-4.
- [4] 北京四方继保自动化有限公司. CSB21A 数字式备用电源自动投入保护装置 [Z]. 2001.  
Beijing Sifang Relay Protection Automation Co., Ltd CSB21A Digital Reserve Power Switch in Protection Device [Z]. 2001.
- [5] 国电自动化研究院. PRS-753 光纤分相纵差成套保护装置 [Z]. 2004.  
State Power Automation Research Institute PRS-753 Sets of Device for Optical Fiber Phase-split Differential Protection [Z]. 2004.
- [6] 谷昕. 利用光纤通信网络传送继电保护信号 [J]. 电力系统通信, 2004, 25 (7): 34-37.

(下转第 85 页 continued on page 85)

## 参考文献:

- [1] 王建成. BSI-2000计算机监控系统在秦山 500 kV 联合开关站的应用 [J]. 电力情报, 2002, 69 (4): 99-102.  
WANG Jian-cheng Application of BSI-2000 Computer Control System in Qinshan 500 kV Cosubstation [J]. Information on Electric Power, 2002, 69 (4): 99-102.
- [2] 王建成,张涛,王奇文,等. 秦山第二核电厂 500 kV 出线三相电流不平衡原因的测试分析及对策 [J]. 电网技术, 2005, 29 (5): 79-83.  
WANG Jian-cheng, ZHANG Tao, WANG Qi-wen, et al Test Analysis and Countermeasure of Three 500 kV Electric Power Line Three Phase Current Imbalance of Qinshan Nuclear Power Plant [J]. Power System Technology, 2005, 29 (5): 79-83.
- [3] 王建成. 秦山第二核电厂 2 ×650 MW 核电机组波动分析及解决措施 [J] 继电器, 2004, 32 (19): 59-64.

- WANG Jian-cheng Countermeasures on Fluctuate of 650 MW Generator of Nuclear Power Plant Phase [J]. Relay, 2004, 32 (19): 59-64.
- [4] 王建成. 核电厂接地网测试与分析 [J]. 华东电力, 2002, 30 (12): 53-55.  
WANG Jian-cheng Test and Analysis of Grounding Net in Nuclear Power Plant [J]. East China Electric Power, 2002, 30 (12): 53-55.

收稿日期: 2005-07-06; 修回日期: 2005-11-11

## 作者简介:

王建成 (1954 - ),男,工程师,研究方向为核电机组稳定与继电保护; E-mail: wangjc@npqjvc.cn  
郑祝国 (1966 - ),男,高工,研究方向为工程管理与建设;  
刘明章 (1970 - ),男,高工,研究方向为核安全与技术改造。

### Causes and measures of non-complete phases protection s start failure second Qinshan nuclear power plant generator-transformer group protection

WANG Jian-cheng, ZHENG Yan-guo, LU Ming-zhang  
(Nuclear Power Qinshan Joint Venture Co., Ltd, Haiyan 314300, China)

**Abstract:** Non-complete phases protection startup failure protection of the generator circuit breaker to open the 500 kV super high voltage circuit breakers is the basic configuration and combination of generator-transformer-line connection manner. In this paper, the reasons of No. 1 generator circuit breaker non-complete phase protection startup is failure protection to open the 500 kV super high voltage circuit breakers in the debugging time is analysed, the effective measures are also put forward and carried out in the debugging time of No. 2 generator group.

**Key words:** non-complete protection; failure protection; negative-sequence blocking

(上接第 82 页 continued from page 82)

- GU Xin Make Use of the Fiber Optic Correspondence Network Transmission to Protect the Signal after the Electricity [J]. Telecommunications for Electric Power System, 2004, 25 (7): 34-37.
- [7] 刘金宫,等. 220 kV 微机型备用电源自动投入装置研究 [J]. 电力自动化设备, 2005, 25 (1): 95-100.  
LU Jin-guan, et al Study on 220 kV Automatic Bus Transfer Device [J]. Electric Power Automation Equipment, 2005, 25 (1): 95-100.
- [8] 国电南京自动化股份有限公司. PSP641 数字式备用电源自投装置 [Z]. 2000.

Nari-relays Co., Ltd. PSP641 Digital Reserve Power Switch in Device [Z]. 2000.

- [9] 许继电气股份有限公司. WBT-820 系列微机自备投装置 [Z]. 2003.  
XJ Electric Co., Ltd. WBT-820 Series of Microcomputer-based Reserve Power Switch in Device [Z]. 2003.

收稿日期: 2005-06-30; 修回日期: 2005-09-12

## 作者简介:

唐海军 (1963 - ),男,高级工程师,从事电网继电保护、自动化技术管理工作。E-mail: thj7892115@163.com

### Design and implementation of the far-away place reserve power based on the optical-fiber correspondence

TANG Hai-jun  
(Changde Electric Power Bureau, Changde 415001, China)

**Abstract:** When the center transformer substation no-voltage in 110 kV network tie-line, the reserve power of original substation cannot operate. A new reserve power scheme is put forward based on state information, fault information and on-or-off switch mode of present-used optical-fiber communication channel. The new scheme improves the old device's operation theory and logic by adding communication interface and optic communication module to be connected with optic-fiber-network. The scheme has been employed in 110 kV network to implement far-away reserve power of multi-level series network.

**Key words:** reserve power; fault test; optical-fiber channel; far-away implementation