

# 高压电网自适应式站间实时自控备自投装置的研制

王锐<sup>1</sup>, 李钊<sup>2</sup>, 许元戎<sup>2</sup>

(1、河南省电力公司生产技术部, 河南 郑州 450052, 2、郑州供电公司, 河南 郑州 450006)

**摘要:** 一些与系统联系较弱的 220 kV 变电站, 经常出现由于 220 kV 线路跳闸造成全站失压的情况, 严重影响供电可靠性, 为短时间内解决这一问题, 河南省电力公司与北京四方公司合作研发了基于稳措平台的 CSC264A 数字式站间备自投装置, 利用 220 kV 变电站 110 kV 系统联络线作为备用电源, 实现两个 220 kV 变电站之间的相互备用, 该装置采用了多功能一体化设计, 并利用光纤通讯技术实现了远方合闸、负荷实时自控等功能。该装置已在河南电网多个变电站投入运行, 运行情况稳定。

**关键词:** 变电站; 站间备自投; 自适应; 实时自控; 信息交互

## Development of real-time self-controlling automatic throw-in instrument in HV system

WANG Rui<sup>1</sup>, LI Zhao<sup>2</sup>, XU Yuan-rong<sup>3</sup>

(1.The Produce and Technical Department, Henan Electric Power Company, Zhengzhou 450052,China;

2.Power Transformation Maintenance Department, Zhengzhou 450006,China)

**Abstract:** Due to weak connection with main grid, some 220 kV substations often loss power supply by 220 kV lines tripping accidents, which endangers the power distribution reliability severely. In order to settle this problem, Henan Electric Power Company corporated with Beijing Sifang Company to develop CSC264A digital automatic throw-in instrument based on stable procedures, which make two 220 kV substations backup each other by using 110 kV lines of 220 kV substation as connecting lines. As its multifunction all-in-one design, this instrument can realize remote close, real time load self-control functions by fiber communication technology. The instruments have been put into practice in several substations in Henan Power Grid, and operate stably.

**Key words:** substation; automatic throw-in instrument; self-adapting; real time self-controlling; information exchange

中图分类号: TM762 文献标识码: A 文章编号: 1003-4897(2007)19-0045-05

## 0 引言

目前国内备用电源自动投入装置主要应用于 110 kV 及以下变电站中, 在 220 kV 电压等级有少量母联备自投运行, 按功能大致分为以下三种类型:

1) 母联备自投; 2) 变压器备自投; 3) 110 kV 线路进线备自投。

上述三类备自投, 动作原理相对简单, 厂家对此已有较为成熟的产品, 一般采用独立的微机装置, 也可组合在变电站综合自动化系统中。

在国内, 用于电网安全自动装置方面的研究, 主要倾力于在电网异常情况下保证电网稳定运行的系统稳定联切装置, 如北京四方公司等二次设备知名厂家都成立有电网稳定试验室及产品研发部, 而对于变电站失压后, 利用系统备用电源容量的自动投入以恢复变电站运行方面的进一步的研究则长期

处于停滞状态。

## 1 高压电网自适应式站间实时自控备自投开发的背景及意义

目前河南电网部分变电站与系统联系较弱, 当系统发生故障时, 经常造成 220 kV 变电站全站失压, 造成负荷损失, 极大地影响了我省部分地区的供电可靠性, 但由于电网发展资金的限制, 不可能在短时间内通过改善电网结构来从根本上解决该问题, 这种情况下要解决该问题, 只能依靠安装安全自动装置来补救, 即备用电源自投装置。

## 2 高压电网自适应式站间实时自控备自投开发及应用过程简述

河南电网于 2004 年 7 月就开始了高压电网自适应式站间实时自控备自投的研发准备工作, 制定了

《河南电网备自投典型技术方案》，2005 年与北京四方公司合作开发了基于稳措平台的 CSC264A 备自投装置，并通过了河南省电力公司组织的鉴定，2006 年开始在河南省部分变电站安装运行，至今已有一年多的时间，目前所有装置运行稳定可靠。

### 3 备自投装置的软件功能设计

#### 3.1 备自投的适用范围

为适应 110 kV 备用电源线路的不同接线方式及不同运行状态，220 kV 变电站 110 kV 侧备自投应包含以下几种形式。

1) 110 kV 侧备用电源线路的两种接线方式：直连接线方式和间接接线方式。

直连接线方式：如图 1 所示，220 kV 变电站 B 通过备用电源线路 5 与 220 kV 变电站 A（系统备用电源）直接相连。

间接接线方式：如图 2 所示，220 kV 变电站 B 通过备用电源线路 5 经一个 110 kV 变电站 C 与 220 kV 变电站 A（系统备用电源）间接相连。

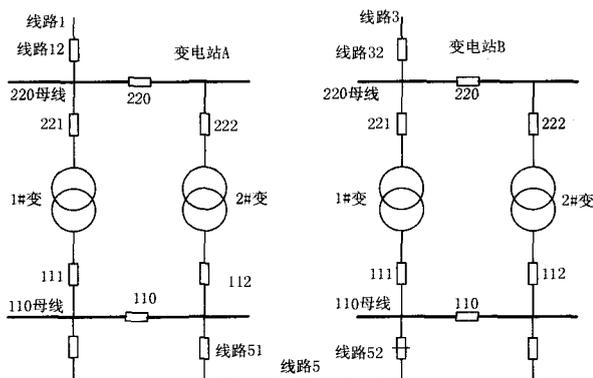


图 1 110 kV 侧线路备自投动作前运行方式

Fig.1 The mode of operation on 110 kV line side before automatic throw-in instrument operating

2) 110 kV 侧备自投的两种投入方式：近端备自投和远端备自投。

近端备自投：当 110 kV 备用电源线路在本侧的线路开关为断开备用时（对侧的线路开关合上运行），110 kV 备自投动作后需合备用线路在本侧（近端）的进线开关。实现近端备自投。

远端备自投：当 110 kV 备用电源线路在对侧的线路开关为断开备用时（本侧的线路开关合上运行），110 kV 备自投动作后需合备用线路在对侧（远端）的线路开关。实现远端备自投。

直连接线方式中，如图 1 所示：正常运行方式下，110 kV 备用电源线路 5 充电运行，备用线路在

变电站 B 侧的线路开关 52 断开备用，在变电站 A 侧的线路开关 51 运行。对 220 kV 变电站 B，备自投动作后，需合备用线路本侧的进线开关 52，为近端备自投。对 220 kV 变电站 A，备自投动作后，需合备用线路对侧的线路开关 52，为远端备自投。

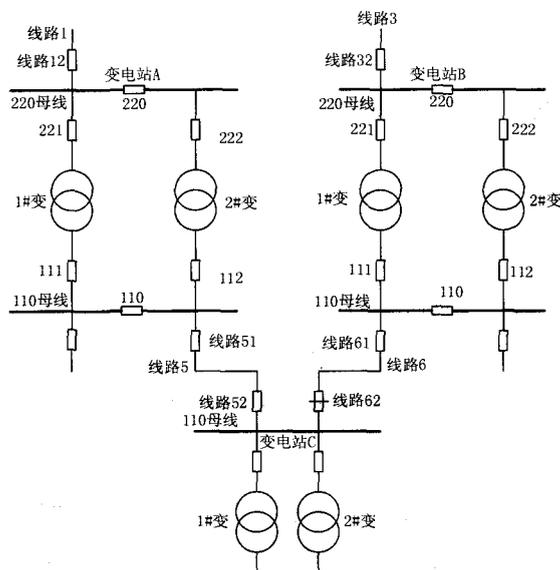


图 2 备自投动作前运行方式

Fig.2 The mode of operation before automatic throw-in instrument operating

间接接线方式中，如图 2 所示，正常运行方式下，220 kV 变电站 A 通过 110 kV 联络线 5 带 110 kV 变电站 C 运行，备用电源线路 6 充电运行。对 220 kV 变电站 B，当附图 2 中，备用电源线路 6 在本站侧的线路开关 61 断开备用，线路对侧线路开关 62 合上时，220 kV 变电站 B 备自投装置动作后，需合备用线路在本侧的线路开关 61，为近端备自投。如图 2 运行方式所示，当备用线路 6 在本站侧的线路开关 61 合上运行，而线路对侧线路开关 62 断开备用时，220 kV 变电站 B 备自投装置动作后，需合备用线路对侧（C 站侧）的线路开关 62，为远端备自投。

（对间接接线方式，为避免复杂，备自投在变电站 A 或 B 中选其一装设。）

#### 3.2 备用电源线路为直连接线方式备自投技术原则

##### 1) 近端备自投

##### (1) 备用电源线路运行方式

如图 1 所示，220 kV 变电站 B，正常运行时，220 kV 母线并列运行，110 kV 侧备用线路在本站侧的线路开关 52 断开备用，线路对侧开关 51 合上运行。

##### (2) 功能

如图 1 所示，220 kV 变电站 B，正常运行时，220

kV 母线并列运行, 当 220 kV 电源线路 3 故障跳闸, 变电站 B 全站失压, 110 kV 备用电源线路备自投装置动作, 跳开变电站 B 各主变中压侧开关, 并考虑跳开 110 kV 母线上联接的小电源, 切除 110 kV 母线上部分负荷线路, 最后合上 110 kV 备用电源线路 5 在本站侧线路开关 52, 恢复变电站 B 110 kV 母线带电运行。

直连方式下, 备自投动作前、后的变电站运行方式见图 1 和图 3。

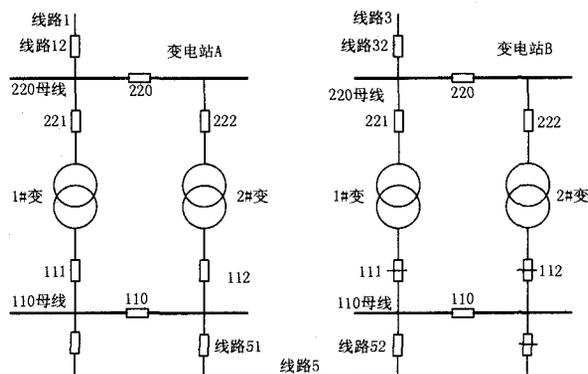


图 3 110 kV 侧线路备自投动作后运行方式

Fig.3 The mode of operation on 110 kV line side after automatic throw-in instrument operating

### (3) 备自投动作条件及动作逻辑

#### a. 装置充电条件

110 kV 备用电源线路有压。

#### b. 启动条件

变电站 220 kV 及 110 kV 四段母线均三相失压或 110 kV 两段母线均三相失压。(两种判别失压启动条件可根据变电站一次接线情况选择其一)。

变电站所有主变中压侧 (110 kV 侧) 无流。

#### c. 闭锁条件

110 kV 母差或失压保护动作;  
主变后备保护动作。

#### d. 动作逻辑

◆ 延时跳开所有主变 110 kV 侧主进开关, 此延时应考虑躲过 220 kV 电源线路对侧保护 II 段 (或 III 段) 动作时间、线路重合闸时间。(当变电站的 220 kV 侧装有进线备自投时, 还应躲过其备自投的动作时间)。

◆ 考虑跳开变电站中、低压侧有电源线路 (小电源)。

◆ 根据备用系统 (变电站 A) 的最小备用容量及 110 kV 备用电源线路的最小容载量, 以及 110 kV 母线所带线路负荷情况, 采用实时计算的方法确

定应保留的负荷线路数量, 做到按序联切 110 kV 母线上的一部分非重要负荷线路。

◆ 确认所有 110 kV 侧主进开关及 110 kV 电源线路开关跳开后, 经小延时合 110 kV 备用电源线路本站侧进线开关。完成 110 kV 侧系统备用电源自投, 恢复 110 kV 母线的带电运行。

### 2) 远端备自投

#### (1) 备用电源线路运行方式

在图 1 中, 220 kV 变电站 B: 正常运行时, 220 kV 母线并列运行, 110 kV 侧备用线路在本站侧的线路开关 52 合上运行, 线路对侧开关 51 断开备用。

变电站 B 的 110 kV 侧装设 110 kV 系统备用电源自投装置, 备用线路的对侧 (A 站侧) 装设远方合闸命令的接收装置 (就地判据)。

#### (2) 备自投功能

远端备自投装置的功能原理、技术条件 (充电、启动、闭锁) 等均同于近端备自投, 只是在动作逻辑的最后有所不同。即当备自投装置动作后, 由于备用电源线路在本站侧的线路开关 52 是合上的, 故需发远方合闸命令, 合备用线路对侧的线路开关 51, 以实现备用电源的自投。

因此远端备自投较近端备自投需增加以下技术要求和功能:

◆ 装置能采集并自动识别备用线路本站侧线路开关的开、断状态。

◆ 备用线路的两端应具备可靠的通信通道。

◆ 装置应具有远传通信功能和通信接口。

◆ 备用线路的对侧 (远端) 应具备接受远方合闸命令的接收装置及就地判据, (称为就地判据)。就地判据的动作逻辑为:

◆ 收到线路对侧备自投装置发出的合闸命令;

◆ 检备用线路进线开关 (本侧) 在跳位;

◆ 检备用线路无压 (失压);

◆ 合备用线路备用开关。

### 3.3 备用电源线路为间接接线方式备自投技术原则

#### 1) 近端备自投

##### (1) 备用电源线路运行方式

在图 2 中, 对 220 kV 变电站 B, 正常运行时, 220 kV 母线并列运行, 备用电源联络线 5 运行, 备用电源线路 6 在本侧的线路开关 61 断开备用, 在对侧开关 62 合上。

##### (2) 备自投功能

当 220 kV 电源线路 3 故障跳闸, 变电站 B 全站失压, 110 kV 备用电源线路备自投装置动作, 完成与直连接线方式近端备自投相同的动作逻辑 (跳开

变电站 B 各主变中压侧开关, 考虑跳开 110 kV 母线上联接的小电源, 切除 110 kV 母线上部分负荷线路), 最后合上 110 kV 备用电源线路 6 在本站侧线路开关 61, 恢复变电站 B 110 kV 母线带电运行。

### (3) 技术条件和动作逻辑

间接接线方式下的 110 kV 侧近端备自投, 其技术条件 (充电、启动、闭锁)、动作逻辑及辅助功能均同于直连接线方式下的近端备自投。

#### 2) 远端备自投

##### (1) 备用电源线路运行方式

如图 2 所示: 220 kV 变电站 B, 正常运行时, 220 kV 母线并列运行, 备用电源联络线 5 运行, 备用电源线路 6 在本侧的线路开关 61 充电运行, 在对侧的线路开关 62 断开备用。

变电站 B 的 110 kV 侧装设 110 kV 系统备用电源自投装置, 备用线路的对侧 (C 站侧) 装设远方合闸命令的接收装置 (就地判据)。

##### (2) 备自投功能

如图 2 所示, 当变电站 B 全失压后, B 站 110 kV 线路备自投装置启动并完成与近端备自投相同的动作逻辑, 最后向 110 kV 备用线路的对侧 (C 站) 发远方合闸命令, 对侧 (C 站) 接收到远方合闸命令后, 其就地判据判明备用线路 6 已失压, 合上备用线路本侧线路开关 62, 恢复对 220 kV 变电站 B 110 kV 母线的供电。

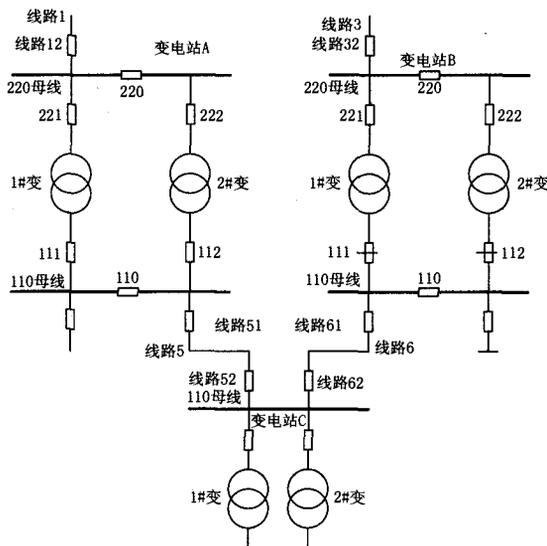


图 4 备自投动作后运行方式

Fig.4 The mode of operation on after automatic throw-in instrument operating

### (3) 技术条件及动作逻辑

间接接线方式下的 110 kV 侧远端备自投装置, 其技术条件 (充电、启动、闭锁)、动作逻辑及辅助

功能均同于直连接线方式的远端备自投。

间接接线方式下的远端备自投动作前、后的运行方式如图 2、4 所示。

## 4 备自投装置硬件介绍

CSC-246A 装置采用 DSP 和 MCU 合一的 32 位单片机, 高性能的硬件体系保证了装置对所有继电器进行并行实时计算, 并保持了总线不出芯片的优点, 有利于保护装置的高可靠性。采用全新的前插拔组合结构, 保持了前插拔维护方便的优点, 兼有后插拔强弱电分离、强电回路直接从插件上出线的优点。

装置提供 24 路模拟量的输入 (12 路电压通道, 12 路电流通道), 16 路通用的开关量输入, 16 路独立的开出控制 31 付出口触点 (30 路动合触点, 1 路动断触点)。在整定定值时, 可以使用这些资源灵活定义装置在各种条件下的动作行为, 从而完成整个的备用电源自动投入过程。通过外部设计引入开关量和交流量, 可实现遥跳, 手跳闭锁备投、低频, 低压判别, 备用电源失压, 备用电源过负荷联切等功能。

装置配置有大容量的故障录波, 兼容 COMTRADE 格式, 全过程记录故障数据, 可以保存不少于 24 次录波数据。完整的事件记录和动作报告, 可保存不少于 2000 条动作报告和 2000 次操作记录, 停电后数据不丢失。

## 5 高压电网自适应式站间实时自控备自投装置的技术特点

### 1) 多功能一体设计

打破备自投装置只适应一种固定的运行方式的常规, 将数种不同的备自投模式 (对应不同的电网运行方式运行), 组合在同一装置中。以不同的备自投逻辑方式实现不同的备自投功能 (如“近端备自投”和“远端备自投”), 并通过“自适应”技术自行选择和切换。“多功能组合”的最大优点在于: 装置适用于多种运行方式, 增强了装置的通用性, 减少了备自投装置的类型和数量。另外, 装置的统一, 有利于装置运行维护、操作规程的规范化管理。

### 2) 自适应功能

通过引入 110 kV 备用线路本侧开关辅助触点, 使装置具备自动识别备用线路在本侧线路开关运行状态的功能, 可构成“自适应”型备自投。自适应型的备自投装置, 具有根据变电站备用电源线路不同的运行方式启动不同的动作逻辑方式, 实现不同的备自投功能, 从而实现近端备自投和远端备自投两种备自投模式的自动转换。“自适应”的最大优点

在于: 调度及变电站运行人员不必根据变电站备用电源线路运行方式的变化实时投退或改变备自投装置的运行模式, 从而减少备自投装置不正确使用(误投退、误操作)造成的危害。

### 3) 实时自控功能

利用光纤通信技术两套备自投装置之间可以方便地进行信息交换, 从而实现“实时自控功能”。“实时自控功能”以图 1 为所示的变电站 B 的近端备自投为例说明: 变电站 B 的备自投装置可根据其备用系统电源的实时备用容量, 即变电站 A 的剩余容量, 备用电源线路参数、B 站的运行负荷等数据, 由装置自行实时计算备自投装置动作后可保留的 B 站 110 kV 线路上的最优负荷容量, 即实时计算备自投装置动作后最多可保留的 110 kV 线路数量。从而做到在稳定运行、负荷平衡的前提下备用系统容量的最优利用。构成不须事前干预的“实时自控式”系统备用电源容量的最优自投。

### 4) 远方自投, 就地判据

将继电保护成熟的先进技术移植到备自投装置中, 实现变电站的“远端备自投”。其优点在于: 提高装置对不同运行方式的适用性。

## 6 结束语

高压电网自适应式站间实时自控备自投装置的研制成功, 进一步完善了我国备用电源自投装置系列产品。其在河南电网的应用, 大大提高了河南电网薄弱地区的供电可靠性, 取得了显著的经济和社会效益, 为我国其他地区解决电网薄弱, 供电可靠性低的问题, 提供了一种快速有效、安全可靠的解决方法。

### 参考文献

- [1] DL400-91, 继电保护和安全自动装置技术规程[S].
- [2] 继电保护和安全自动装置检验条例[S].
- [3] 刘万表, 白忠敏. 电力工程设计应用手册[Z]. 河南电力勘测设计院.

收稿日期: 2007-07-06;

修回日期: 2007-08-14

作者简介:

王锐(1956-), 女, 高级工程师, 学士, 从事变电二次专业技术管理工作; E-mail: HNDLWR@TOM.COM

李钊(1974-), 男, 工程师, 学士, 从事继电保护运行与维护的管理工作;

许元戎(1965-), 男, 高级工程师, 学士, 从事继电保护运行与维护的管理工作。

(上接第 37 页 continued from page 37)

- [2] 毕鹏翔, 金青, 张文元. 配电网理论线损计算与分析系统的研制[J]. 中国电力, 2001, 34(9): 38-39.  
BI Peng-xiang, JIN Qing, ZHANG Wen-yuan. Development of Analysis and Management System for Theoretical Line Losses in Power Distribution Networks[J]. Electric Power, 2001, 34(9): 38-39.
- [3] 张伏生, 王海坤, 马林国, 等. 可视化的配电网线损计算与管理系统的研制[J]. 继电器, 2001, 29(11): 27-31.  
ZHANG Fu-sheng, WANG Hai-kun, MA Lin-guo, et al. A Visual Energy Loss Computation and Management System in Power Distribution Networks[J]. Relay, 2001, 29(11): 27-31.
- [4] 王春生, 彭建春, 卜永红, 等. 配电网线损分析与管理系统系统的研制[J]. 中国电力, 1999, 32(9): 48-50.  
WANG Chun-sheng, PENG Jian-chun, BU Yong-hong, et al. Development of Analytical and Managing System for Line Losses in Distribution Grid[J]. Electric Power, 1999, 32(9): 48-50.
- [5] 杨霖, 王卫东, 陈得治, 等. 基于测量的中压配电网线损计算研究[J]. 继电器, 2005, 33(3): 28-33.

YANG Lin, WANG Wei-dong, CHEN De-zhi, et al. A Research on Theoretical Energy Losses of Medium-Voltage Distribution Networks Based on Measurements[J]. Relay, 2005, 33(3): 28-33.

- [6] 陈得治, 郭志忠. 基于负荷获取和匹配潮流方法的配电网理论线损计算[J]. 电网技术, 2005, 29(1): 80-84.  
CHEN De-zhi, GUO Zhi-zhong. Distribution System Theoretical Line Loss Calculation Based on Load Obtaining and Matching Power Flow[J]. Power System Technology, 2005, 29(1): 80-84.

收稿日期: 2007-02-07;

修回日期: 2007-04-20

作者简介:

王永(1981-), 男, 博士研究生, 研究方向为计算机技术在电力系统中的应用及电力系统状态估计; E-mail: powerfactor@163.com

刘伟(1975-), 男, 博士, 研究方向为配电网及计算机技术在电力系统中的应用;

彭茂君(1981-), 女, 硕士, 研究方向为计算机技术在电力系统中的应用及电力系统负荷预测。