

# 一种通用远方备自投方法

邵震宇, 田伟, 鲁雅斌

(南京弘毅电气自动化有限公司, 江苏 南京 210039)

**摘要:** 目前许多电网的 110 kV 变电站采用了双回多级链式接线, 现有的备自投装置无法解决该接线方式下的远方备自投功能。针对该问题, 提出了一种通用远方备自投方法, 采用光纤通信技术, 在相互串接的变电站之间交互状态和动作信息。该方法将传统针对于母线的备自投方法扩展为针对于工作线路的备自投方法。当电力系统故障或其他原因使工作电源被断开后, 以工作线路为对象, 跳开离故障点最近的开关, 合上离电源点最近的开关, 最大程度上恢复供电。该方法物理意义明晰, 适用于多种复杂网络结构下的远方备自投功能, 具有重大的实用意义。

**关键词:** 远方备自投; 双回; 串联接线; 光纤通信; 联络线; 通用

## A new method on general remote automatic bus transfer

SHAO Zhen-yu, TIAN Wei, LU Ya-bin

(Nanjing Hongyi Electric Automation Co., Ltd, Nanjing 210039, China)

**Abstract:** At present, many 110 kV distribution stations adopt double loop series connection mode, which makes the present remote automatic bus transfer devices unapplicable. So the paper proposes a new general remote automatic bus transfer method based on the optical fiber communication. The distribution stations connected in series can exchange information with each other. The traditional bus based method is extended to the working line based method. If the working power is powered off for some reason, the nearest switch to the fault point will be switched off and the nearest switch to the power point will be switched on, so the system power supply will be recovered as far as possible. The method is simple, applicable and practical.

**Key words:** remote automatic bus transfer; double loop; series connection; optical fiber communication; tie line; general

中图分类号: TM76 文献标识码: A 文章编号: 1674-3415(2014)18-0127-05

## 0 引言

备用电源自动投入装置是变电站重要的二次设备, 当电力系统故障或其他原因使工作电源被断开后, 能迅速将备用电源自动投入工作, 最大程度上恢复供电<sup>[1]</sup>。

近年来, 由于电网规模的不断扩大, 电力系统的网络结构也日趋复杂。从供电可靠性的角度考虑, 中低压配电变电站应按双电源进线设计, 但受线路、资金和资源等限制, 两个或多个配电变电站之间串联接线的方式在系统中经常出现, 如广东电网就广泛使用了双回链式接线。该双回链式接线有常见两种方案: a) 2 座 220 kV 变电站之间以双回 110 kV 线路串接 2 座 110 kV 变电站; b) 2 座 220 kV 变电站之间以双回 110 kV 线路串接 3 座 110 kV 变电站<sup>[2]</sup>。110 kV 变电站多采用单母分段两主两备、双母线接

线两主两备的接线方式。目前的远方备自投装置功能简单, 只能实现单回串接方式下两级变电站串接的远方备自投功能<sup>[3-8]</sup>。有文献实现单回串接方式下多级变电站的远方备自投功能, 但只能根据现场的一次接线方式和运行方式定制, 不具备可操作性<sup>[9]</sup>。

为此, 本文研究了一种通用远方备自投方法, 不仅能实现多个变电站之间采用串联接线方式下的远方备自投功能, 并且可以适应变电站的多种接线方式。目前 110 kV 变电站多采用单母刀闸、单母刀闸带旁路、单母分段、单母分段带旁路、双母线接线、双母线带旁路等接线方式。以下分析以单母分段、两主两备、相互串接的 110 kV 变电站为研究对象, 暂不考虑母线检修、母联检修、进线检修等特殊运行方式, 实际运行时检修元件不参与备投即可。如进线旁代投入, 用旁代元件的电气量代替原进线的电气量参与备投逻辑即可。

### 1 远方备自投功能需求分析

#### 1.1 典型远方备自投动作需求分析

以图 1 典型接线方式为研究对象：2 座 220 kV 变电站之间以 110 kV 线路串接了 2 座 110 kV 变电站，每个 110 kV 变电站为单母分段、两主两备的接线方式。图 1 中灰色的断路器表示闭合，白色的断路器表示分开。

##### 1.1.1 典型运行方式 1

如图 1 所示，分段开关 5DL、10DL 分开，有两条工作线路。

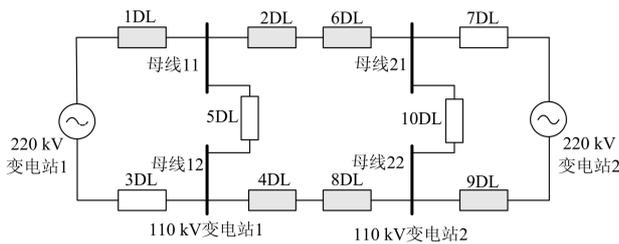


图 1 典型接线方式 1

Fig. 1 Typical wiring mode 1

工作线路 1 以 220 kV 变电站 1 为主电源，通过开关 1DL 带 110 kV 变电站 1 的母线 11，再通过 2DL、6DL 带 110 kV 变电站 2 的母线 21。

工作线路 2 以 220 kV 变电站 2 为主电源，通过开关 9DL 带 110 kV 变电站 2 的母线 22，再通过 8DL、4DL 带 110 kV 变电站 1 的母线 12。

对于工作线路 1 来说，典型的备投需求如下：

a) 母线 11、母线 21 均失压时，跳开 1DL 开关，合上 7DL 开关；如 7DL 合上后备投不成功，则跳开 7DL，合上 10DL 开关。

b) 母线 21 失压时，跳开 6DL 开关，合上 7DL 开关；如 7DL 合上后备投不成功，则跳开 7DL，合上 10DL 开关。

由于对称，工作线路 2 的动作需求同工作线路 1。

##### 1.1.2 典型运行方式 2

如图 2 所示，分段开关 5DL、10DL 闭合，有 2 条工作线路。

工作线路 3 以 220 kV 变电站 1 为主电源，通过开关 1DL 带 110 kV 变电站 1 的母线 11，再通过分段开关 5DL 带 110 kV 变电站 1 的母线 12。

工作线路 4 以 220 kV 变电站 2 为主电源，通过开关 9DL 带 110 kV 变电站 2 的母线 22，再通过分段开关 10DL 带 110 kV 变电站 2 的母线 21。

对于工作线路 3 来说，典型的备投需求如下：

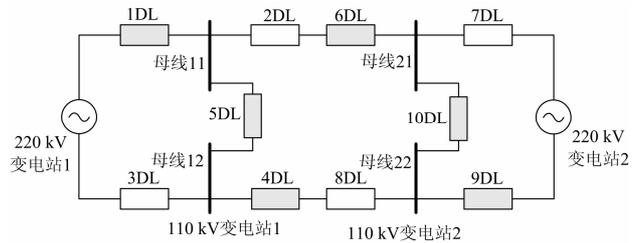


图 2 典型接线方式 2

Fig. 2 Typical wiring mode 2

a) 母线 11、母线 12 均失压时，跳开 1DL 开关，合上 8DL 开关。

b) 母线 12 失压时，跳开 5DL 开关，合上 8DL 开关。

由上述分析可以看出：

1) 在远方备自投逻辑中，每套备投逻辑所针对的对象不再是一个变电站，而是一条工作线路。每条工作线路的始端以一个 220 kV 变电站的进线作为主电源，由闭合的开关和串接的母线一起组成。串接的几级变电站可能具有多条工作线路。

2) 每条工作线路都至少有一条母线具有开环特性，具有该特性的母线只有一个主供电源，是远方备自投动作时的备投点。

3) 当工作线路上若干条母线失压时，远方备自投逻辑动作，切除失压母线中最靠近主电源侧母线对应的主供电源开关。

4) 当主供电源开关跳开后，合上该工作线路的备用电源，也即线路上具有开环特性母线对应的备用电源。具有开环特性的母线可能有多条。

以上分析针对的是两级 110 kV 变电站双回链式串接，对于三级甚至更多级变电站的串接以及其他接线方式，该分析结论也是适用的。

#### 1.2 远方备自投通信需求分析

远方备自投实现的前提条件是相互串接的变电站之间的备自投装置实现了信息交互。本文技术方案通过光纤通道进行信息传输，光纤通信具有信号传输质量高、距离远、信息量大、实时性高、数据可靠等优点。通过光纤通信，将互相串接的变电站备自投组织成网络备自投，失电时实现最优的备自投逻辑，最大程度恢复供电。

相邻变电站的备自投装置之间需要交互的信息分为两大类。

##### 1) 状态信息

备自投装置自身的状态，如充电状态、放电状态、开关状态、电源状态、开环状态等。

## 2) 命令信息

远方备自投动作时需要备自投装置之间协作, 需要向相邻备自投装置发送对应的命令, 如切除主供电源、投备用电源、合后过流时切除备用电源等。

命令信息应具有方向性, 避免命令回环。

## 2 远方备自投逻辑实现

### 2.1 名词定义

#### 2.1.1 远方备自投工作线路

每条工作线路起始于1条220 kV变电站电源侧进线, 由闭合的开关和串接的母线一起组成。相互串接的几级变电站一起可能具有多条工作线路。

一个远方备自投网络可能有多个远方备自投工作线路, 每条工作线路拥有自己独立的远方备自投逻辑。

#### 2.1.2 电源侧母线

在工作线路中, 通过220 kV进线接入220 kV变电站的母线。该母线三相有压, 且通过主供电源接入220 kV变电站, 如图1中的母线11和母线22。

#### 2.1.3 开环侧母线

在工作线路中, 具有开环特性的母线。该母线只有一个主供电源, 如图1中的母线21和母线12。

#### 2.1.4 开环点

开环侧母线上处于分位的进线开关或分段开关。在远方备自投启动后, 投入后可将失去电源的设备恢复至另一个电源供电, 如图1中的3DL和7DL。

### 2.2 远方备自投充电逻辑

远方备自投对应的对象是2.1.1节描述的工作线路。

如远方备自投充电成功, 则闭锁传统的就地备自投; 如远方备自投充电不成功, 则自动进入传统的就地备自投充电判断。

远方备自投充电条件如下:

- 1) 工作线路上的母线均三相有压。
- 2) 工作线路有且仅有一条电源侧母线(见2.1.2节)。
- 3) 工作线路上至少有一条开环侧母线(见2.1.3节)。
- 4) 工作线路上至少有一条开环侧母线具有备用电源。

### 2.3 远方备自投放电逻辑

远方备自投放电条件如下:

- 1) 工作线路上的电源侧母线不是一条, 延时放

电。

- 2) 工作线路上的所有开环侧母线消失, 延时放电。

- 3) 工作线路上所有开环侧母线的备用电源消失, 延时放电。

- 4) 切主供或切备供命令发出后, 如经过跳闸等待延时定值后检测不到相应开关变为分位, 立即放电。

- 5) 投主供或投备供命令发出后, 如经过合闸等待延时定值后检测不到相应开关变为合位, 立即放电。

- 6) 相关通信异常, 延时放电。

- 7) 外部信号闭锁, 立即放电。

### 2.4 远方备自投启动逻辑

远方备自投启动条件如下:

- 1) 工作线路上任意若干段母线失压。
- 2) 任一段失压母线满足主供电源无流条件。

以上条件同时满足, 超过延时定值时, 远方备自投逻辑启动。

### 2.5 远方备自投动作过程

远方备自投动作过程如下:

- 1) 切除工作线路上, 最靠近电源侧母线的失压母线所对应的主供电源。

- 2) 确认主供电源切除后, 合上工作线路上失压母线中开环侧母线所对应的备用电源。

- 3) 若备用电源投入后, 备投不成功, 则跳开该备用电源, 按照整定的优先级投入其他可投备用电源。

## 3 实例分析

以图3所示3级双回链式接线为对象进行实例分析。

如图3所示, 该接线图中有2条工作线路, 由于工作线路对称, 我们取其中一条进行典型逻辑分析。该工作线路构成为: 1DL、母线11、2DL、6DL、母线21、7DL、11DL、母线31, 电源侧母线为母

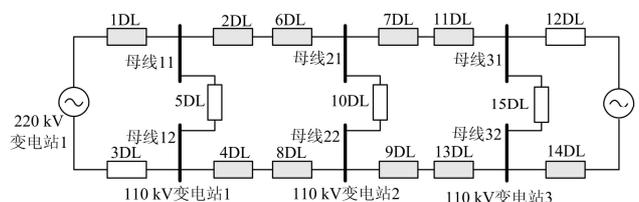


图3 典型3级双回链式接线图

Fig. 3 Typical three-grid double-circuit chain wiring diagram

线 11, 开环侧母线为母线 31。

### 3.1 充电条件

如图 3 所示, 充电条件如下:

- a) 母线 11、母线 21、母线 31 均三相有压。
- b) 工作线路上有且仅有一条电源侧母线为母线 11。
- c) 该工作线路上有一条开环侧母线为母线 31。
- d) 开环侧母线母线 31 具备备用电源 12DL 和 15DL。

### 3.2 放电条件

如图 3 所示, 放电条件如下:

- a) 工作线路上的电源侧母线不是一条, 延时放电; 如电源侧母线消失 (1DL 分开) 或电源侧母线不止一条 (如 12DL 闭合)。
- b) 工作线路上开环侧母线消失, 延时放电; 如 12DL 或 15DL 闭合。
- c) 工作线路上所有开环侧母线的备用电源消失, 延时放电; 如 12DL、15DL 均检修。
- d) 相关通信异常, 延时放电, 如通信中断。
- e) 外部信号闭锁, 立即放电。

### 3.3 启动条件

如图 3 所示, 启动条件如下:

- a) 母线 31 失压或母线 21、母线 31 失压或母线 11、母线 21、母线 31 失压。
- b) 失压母线对应主供电源无流。

### 3.4 动作过程

针对 3.3 节中的三种启动条件, 对应的动作过程分别为:

- a) 母线 31 失压, 跳开 11DL, 合上 12DL; 如 12DL 投入后备投不成功, 则跳开 12DL, 投入 15DL。
- b) 母线 21、母线 31 失压, 跳开 6DL, 合上 12DL; 如 12DL 投入后备投不成功, 则跳开 12DL, 投入 15DL。
- c) 母线 11、母线 21、母线 31 失压, 跳开 1DL, 合上 12DL; 如 12DL 投入后备投不成功, 则跳开 12DL, 投入 15DL。

从实例分析可以看出, 本文的通用远方备自投逻辑可以实现单母分段、两主两备、多级串接的接线方式的远方备自投功能, 最大程度恢复供电。对于其他接线方式, 如单母刀闸、双母线接线两主两备或是其他一主一备接线方式, 均比上述实例分析的接线方式简单, 本文的远方备自投逻辑也是可以适用的。

## 4 结论

针对于目前电网接线方式复杂, 特别是两主两备、多级串接的接线方式, 传统的就地备自投和远方备自投均不能很好地解决。本文提出了一种远方备自投方法, 物理意义明晰, 简单可靠, 可以适用于目前常用的复杂接线方式, 具有较高的实用意义。

## 参考文献

[1] 邓岳华, 吴冲. SEL351 继电器实现 110 kV 线路备自投[J]. 电力系统自动化, 2000, 24(5): 57-58.  
DENG Yue-hua, WU Chong. Realization of spare power source automatic switch in 110 kV transmission line using SEL351 relay[J]. Automation of Electric Power Systems, 2000, 24(5): 57-58.

[2] 曹静. 广东电网 110 kV 接线方式分析[J]. 东北电力技术, 2011, 12(5): 57-58.  
CAO Jing. Guangdong Power Grid's different 110 kV connection modes analysis and compare[J]. Northeast Electric Power Technology, 2011, 12(5): 57-58.

[3] 李雪明, 秦文韬, 胥鸣, 等. 基于稳控装置平台的电网双向备用电源自投功能的实现[J]. 电力系统保护与控制, 2009, 37(14): 77-81.  
LI Xue-ming, QIN Wen-tao, XU Ming, et al. Realization of power grid double direction automatic backup power supply switching function based on stability control device platform[J]. Power System Protection and Control, 2009, 37(14): 77-81.

[4] 李艳华. RCS-9652 型远方备自投装置的分析及应用[J]. 广西电力, 2007, 30(1): 60-61.  
LI Yan-hua. Analysis and application of RCS-9652 type remote automatic closer for reserve power source[J]. Guangxi Electric Power, 2007, 30(1): 60-61.

[5] 唐海平. 基于光纤通讯的远方备自投设计与实现[J]. 继电器, 2006, 34(4): 80-82.  
TANG Hai-ping. Design and implementation of the far-away place reserve power based on the optical-fiber correspondence[J]. Relay, 2006, 34(4): 80-82.

[6] 季学军, 周爱敏. 利用纵联保护通道实现远方备自投的方案[J]. 江苏电机工程, 2004, 23(5): 55-56.  
JI Xue-jun, ZHOU Ai-min. Automatic switchover scheme

- of remote reserve source based on pilot relay channel[J]. Jiangsu Electrical Engineering, 2004, 23(5): 55-56.
- [7] 卜明新, 武晋文, 吴孔松. 基于通信交互式远方自投装置的研发与应用[J]. 电力系统保护与控制, 2009, 37(22): 126-128.
- BU Ming-xin, WU Jin-wen, WU Kong-song. Research and application of optical fiber communication based interactive remote automatic bus transfer equipment[J]. Power System Protection and Control, 2009, 37(22): 126-128.
- [8] 杨合民, 路小俊, 王军, 等. 一种适用于串联电网接线的远方备自投装置[J]. 电力系统自动化, 2011, 35(20): 94-97.
- YANG He-min, LU Xiao-jun, WANG Jun. A remote backup power automatic throw in device for serial power grid connection[J]. Automation of Electric Power Systems, 2011, 35(20): 94-97.
- [9] 田苑, 史开礼, 邢涛, 等. 环型电网中备用电源自投系统的实现方案[J]. 电力系统保护与控制, 2010, 38(6): 67-71.
- TIAN Yuan, SHI Kai-li, XING Tao, et al. A scheme for realization of spare power automatic-switching-device in ring net[J]. Power System Protection and Control, 2010, 38(6): 67-71.

---

收稿日期: 2013-12-09; 修回日期: 2014-03-31

作者简介:

邵震宇(1979-), 男, 硕士, 工程师, 研究方向为电力系统中的保护原理和应用; E-mail: shaozy@hecl.cn

田伟(1971-), 男, 本科, 高级工程师, 研究方向为电力系统中的保护原理和应用;

鲁雅斌(1977-), 男, 本科, 高级工程师, 研究方向为电力系统中的保护原理和应用。