

# 基于稳控装置平台的电网双向备用电源自投功能的实现

李雪明<sup>1</sup>, 秦文韬<sup>2</sup>, 胥鸣<sup>2</sup>, 李德胜<sup>1</sup>, 刘翔<sup>1</sup>, 张长银<sup>1</sup>

(1. 国网电力科学研究院/南京南瑞集团公司, 江苏 南京 210003; 2. 河南省濮阳供电公司, 河南 濮阳 457000)

**摘要:** 利用稳定控制装置平台的强大功能, 实现两台主变之间备投和电源进线之间的备投功能, 还可以利用两个站间电源联络线和装置的通信接口, 向对侧装置发送远方命令, 实现两个变电站之间互为双向备投功能, 提高了变电站供电的可靠性。自投成功后, 如备用电源线路过载, 还可以运用稳定控制的方法, 联切部分负荷, 保证电网安全稳定运行。

**关键词:** 备自投装置; 稳定控制; 过载; 通信接口

## Realization of power grid double direction automatic backup power supply switching function based on stability control device platform

LI Xue-ming<sup>1</sup>, QIN Wen-tao<sup>2</sup>, XU Ming<sup>2</sup>, LI De-sheng<sup>1</sup>, LIU Xiang<sup>1</sup>, ZHANG Chang-yin<sup>1</sup>

(1. Nanjing Automation Research Institute, Nanjing 210003, China; 2. Puyang Power Supply Company, Puyang 457000, China)

**Abstract:** It has realized the function of backup power supply switching between two main transformers and between two power supply lines by using powerful function of stability control device platform. It can use power supply line between two substations and stability control device's multi-communication interfaces to realize double direction backup power supply switching function through sending remote close instruction to another stability control device. It enhances the reliability of power supply of substation. After the success of backup power supply switching, if backup power supply line is overload, it can use the method of stability control to ensure power system safety stability operation by load-shedding.

**Key words:** automatic backup power supply switching device; stability control; overload; communication interface

中图分类号: TM77 文献标识码: A 文章编号: 1674-3415(2009)14-0077-05

## 0 引言

随着电网规模不断扩大, 电网结构日趋复杂, 对供电可靠性要求越来越高, 为了弥补电网结构的不合理, 尤其是与主网联系比较薄弱的变电站, 为保证电网持续可靠供电, 尽量降低供电损耗, 在许多 220 kV 及以下变电站, 使用了微机型的备用电源自投装置, 它是提高供电可靠性、降低供电损耗和保证电网安全稳定运行的一个有效措施和重要技术手段<sup>[1,2]</sup>, 已在电网中得到广泛应用。

传统备自投装置的主要功能是: 当供电电源线路、主变因故障或其它原因跳闸时, 装置快速启动, 迅速合上备用电源线路、备用主变, 保证用户的正常供电。但传统的备自投装置存在以下不足: (1) 能接入的模拟量和开关量较少, 功能简单单一, 不能实现运行方式复杂的多个对象的备投功能, 而且, 备投功能一般就局限在一个站内。(2) 当需要把两个站间联络线作为备用电源线时, 实现远方备投时, 由于装置缺少快速的标准的通信接口(光口或 2 M

接口), 就不能实现远方互为双向备投。(3) 装置一般不考虑备用电源线路与主供电源线路载流量的差异, 可能造成备投成功后备用线路过载, 危险设备安全运行, 虽然元件过载控制方法在稳定控制装置中广泛采用, 但应用于备用电源自投装置还不多见<sup>[3]</sup>。

显然, 传统的备自投装置不能满足上述要求。为此, 我们依托硬件和软件资源丰富安全稳定控制装置的硬件平台, 借鉴安全稳定控制的原理和方法以及成熟的判据, 利用稳控装置的快速通信接口, 专门研制开发了一种新型的备自投装置 UFV-200J, 有效解决上述问题。这种装置采集量多, 具有丰富的跳闸出口, 能同时实现各种运行方式复杂和逻辑功能复杂的备用电源自投, 能同时实现多个备投功能在同一装置实现(如电源进线互为备投和主变互为备投); 利用稳控装置的光通信口、2 M/64 K 通信接口, 通过向对侧装置发送远方合闸命令, 实现双向备自投的功能。合闸成功后, 利用热稳定控制的方法, 对电源线和备投后的电源线实现过载控制, 切除负荷<sup>[4]</sup>。真正实现了在同一个装置 4 个功能合

一的电网双向备用电源自投功能。下面以河南濮阳供电公司范县变和南楼变这两个 110 kV 变电站实现的电网双向备用电源自投功能为例, 来说明实现过程。

### 1 备自投装置的硬件原理和配置

装置的硬件平台采用成熟的有现场运行经验的UFV-200稳控装置硬件平台, 它以工业级32位ARM内核做主控CPU, 采用16位电力系统专用AD芯片(6通道同步交流差分采样), 交流24点采样。使得装置具有输入量多、处理速度快, 测量精度高, 存储容量大、通信能力强, 可靠性高, 软件修改灵活等特点, 并可以提供通过多达4组光口或16个2 M/64 K接口进行装置间快速通讯, 完成功能较为复杂的备用电源自投和发出远方合闸命令功能。在软件编制过程中, 充分吸取了常规备用电源自投装置的优点和工程经验, 引进了一些稳定控制的原理和方法, 作为装置的启动、动作判据, 开发研制成功的UFV-200J备用电源自投装置, 完全满足上述4种功能对备用电源自投装置的要求。这种装置能适应十分复杂备用电源自投逻辑和双向备投功能, 大大提高变电站供电可靠性, 减少了供电损失<sup>[5]</sup>。图1以范县为例, 给出了装置的硬件配置, 南楼变的硬件配置类似。

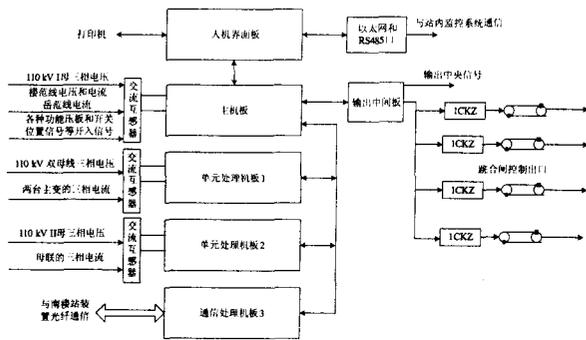


图1 装置的硬件配置  
Fig.1 Hardware configuration of device

为了实现双向互为备投功能, 在南楼也同样配置了一套UFV-200J装置, 两个站的装置通过专用光纤相连, 两套装置间关系图如图2。

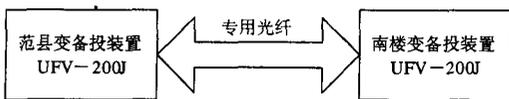


图2 装置通信联系图  
Fig.2 Communication relation of device

根据范县和南楼变主接线图的特点(主接线图如图3所示), 实现了这两个站的双向备投功能要求。

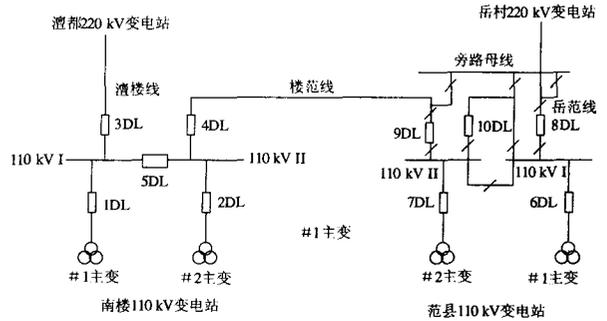


图3 范县和南楼变主接线示意图  
Fig.3 Main electrical connection scheme of Fanxian and Nanlou substations

## 2 范县和南楼双向备投功能的实现

### 2.1 范县变备用电源自投装置的主要功能

装置采集 110 kV I 母及 110 kV II 母的三相电压、楼范线线路单相 PT 电压、#1 变高压侧三相电流、#2 变高压侧三相电流、以及楼范线、岳范线、母联开关的三相电流, 并结合装置的各种功能压板、#1、#2 主变的三侧开关位置信号、楼范线开关位置信号、岳范线开关位置信号、母联兼旁路开关位置信号等进行逻辑判断。当装置检测到#1、#2 主变后备保护动作、进线手跳、主变手跳等信号, 闭锁相应的备投功能。装置分以下三个功能。

#### 2.1.1 备投楼范线功能

##### 2.1.1.1 岳范线故障跳闸, 备投楼范线

分别在不旁代、旁代岳范线及旁代楼范线三种方式下, 在岳范线故障跳闸后, 进行备投本地楼范线开关或旁路开关(旁代时), 或者向南楼变发送远方合闸备投命令。下面以没有任何旁代的情况为例, 说明当岳范线故障跳闸, 备投楼范线过程。对于旁代岳范线及旁代楼范线的另外两种情况, 基本类似, 不再详述。

#### (1) 充电条件

- a) 岳范线开关在合位;
- b) 110 kV I 母母线有压;
- c) 同时满足上述条件时间大于 15 s, 备投楼范线功能充电。

#### (2) 启动条件

- a) 110 kV 双母线无压;
- b) 岳范线无流;

c) 满足上述条件并经延时后, 备自投启动, 进入备自投楼范线过程。

### (3) 动作过程

a) 跳开岳范线开关 8DL、并联切小电源 (防止非同期合闸);

b) 检查 8DL 开关位置是否在分位: 500 ms 内确认 8DL 已经跳开, 则进行下面 (c) 的判断, 否则报备投失败信号, 备自投放电;

c) 如果楼范线开关 9DL 在分位、楼范线 PT 有压、II 母无压, 则合 9DL 开关, 500 ms 内 9DL 开关合上, 且 110 kV II 母电压正常, 备投成功, 否则备投失败, 放电;

d) 如果楼范线开关 9DL 在合位、II 母母线无压、楼范线 PT 无压, 则向南楼变发送远方备投命令, 2 s 内如果 110 kV II 母电压恢复正常, 备投成功, 否则备投失败, 放电。

### 2.1.1.2 收远南楼变远方命令, 备投楼范线

当范县变装置收到南楼变发来的备投楼范线命令时, 经过本地确认正确后, 合楼范线开关, 对于旁代楼范线时, 基本类似, 这里不再详述。

#### (1) 远方备投启动

a) 连续 6 次 (5 ms) 收到来自南楼变远方合闸命令并经确认正确;

b) 远切命令备投启动, 点装置启动灯, 并保持 5 s。

#### (2) 远方备投动作

a) 远方备投命令已经启动;

b) 110 kV II 母母线有压;

c) 楼范线无压;

d) 楼范线开关在分位;

e) 同时满足以上条件, 备投动作, 合上楼范线开关 9DL, 2 s 内, 若楼范线开关 9DL 已经合上, 且楼范线有压, 则备自投成功, 否则备自投失败。

### 2.1.2 主变备投功能

当 #1、#2 主变互为备用的备投功能, 是一般备投装置都具有的功能, 这里简单说明当 #1 主变运行, #2 主变停运备用时的备投过程, 对 #2 主变运行, #1 主变停运备用时的备投过程类似, 不再叙述。

#### (1) 充电条件

a) #1 主变高压侧有流;

b) #1 主变高压侧开关在合位;

c) #2 主变高压侧无流;

d) #2 主变高压侧开关在分位;

e) 110 kV I 母母线有压;

f) 同时满足上述条件时间大于 15 s, 主变备投充电。

#### (2) 主变备自投启动条件

a) 1#主变高压侧无流;

b) 110 kV I 母母线无压或 1#主变高压侧开关在分位;

c) 同时满足以上条件, 并经延时确认后, 主变备自投启动。

#### (3) 主变备自投动作过程

a) 如果 II 母有压, 进行下面 (c) 的判断, 否则主变备投放电;

b) 如果 II 母无压、I 母有压、1#主变高压侧开关在分位、母联开关在分位, 则合上母联开关, 若 II 母母线有压, 则执行下面 (c) 的判断, 否则主变备自投放电;

c) 跳 1#变三侧开关;

d) 确认 #1 变三侧开关在分位: 在 500 ms 内确认 #1 变三侧开关均跳开后, 分别合 #2 变三侧开关, 否则备自投失败, 放电;

e) 如 #2 变三侧开关在合位, 则备投成功, 否则备投失败, 放电。

### 2.1.3 过载功能

分别判断岳范线和楼范线是否过载, 采用电流判据, 延时分三轮切除负荷<sup>[6]</sup>。下面以岳范线过载为例说明判断过程, 楼范线过载判断原理相同。如果判断线路被旁代则自动以旁路的电气量代替被代线路的电气量来参与判断。

#### (1) 首要条件

岳范线功率为负即潮流方向为流入 110 kV 母线。

#### (2) 过载告警

岳范线任意一相电流大于过载告警电流定值  $I_{gj1}$ , 且持续时间  $T_{gj1}$ , 则判为岳范线过载告警, 发过载告警中央信号。

#### (3) 过载启动

a) 岳范线至少两相电流大于过载启动电流定值  $I_{QD1}$ , 并持续时间  $t$  大于启动延时定值  $T_{QD1}$ ;

b) 同时满足以上条件则判为岳范线过载启动, 点装置启动灯。

#### (4) 过载动作

a) 岳范线至少两相电流大于过载动作电流定值  $I_{GZ1}$ ;

b) 当过载持续时间大于第一轮延时定值  $T_{GZ1}$ , 则岳范线过载第一轮动作;

c) 当过载持续时间大于第二轮延时定值  $T_{GZ2}$ , 则岳范线过载第二轮动作;

d)当过载持续时间大于第三轮延时定值  $T_{GZ3}$ ，则岳范线过载第三轮动作。

过载判断原理图如图 4 所示。

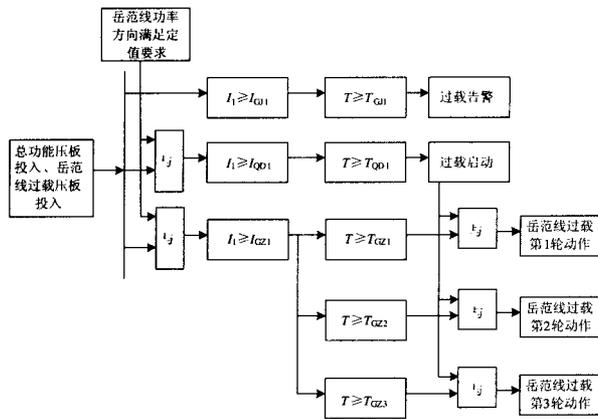


图 4 岳范线过载判断原理图

Fig.4 Overload criterion of line Yuefan

## 2.2 南楼变备用电源自投装置的主要功能

装置采集 110 kV I 母及 110 kV II 母的三相电压、楼范线线路单相 PT 电压、#1 变高压侧三相电流、#2 变高压侧三相电流、以及楼范线、澧楼线的三相电流，并结合装置的各种功能压板、#1、#2 主变的三侧开关位置、小电源开关位置、楼范线开关位置、澧楼线开关位置、母联开关位置等信号进行逻辑判断。当装置检测到 #1、#2 主变后备保护动作、进线手跳、主变手跳等信号，闭锁相应的备投功能。装置分以下三个功能。

### 2.2.1 备投楼范线功能

#### 2.2.1.1 澧楼线故障，备投楼范线功能

在澧楼线故障跳闸后，进行备投本地楼范线开关，或者向范县变装置发送远方备投命令，过程如下。

##### (1) 充电条件

- a) 澧楼线开关在合位；
- b) 110 kV I 母母线有压；
- c) 同时满足上述条件时间大于 15 s，备投楼范线功能充电。

##### (2) 启动条件

- a) 110 kV 双母线无压；
- b) 澧楼线无流；
- c) 满足上述条件并经延时后，备自投启动，开始动作。

##### (3) 动作过程

- a) 跳开澧楼线开关 3DL、联切小电源；

b) 检查 3DL 及小电源开关位置是否在分位：500 ms 内确认 3DL 和小电源已经全部跳开，则进行下面 (c) 的判断，否则报备投失败信号，远方备自投放电。

c) 如果楼范线开关 4DL 在分位、楼范线 PT 有压、II 母无压，则合 4DL 开关，500 ms 内 4DL 开关合上，且 110 kV II 母电压正常，备投成功，否则报备投失败，放电。

d) 如果楼范线开关 4DL 在合位、II 母母线无压、楼范线 PT 无压，则向范县变发送远方备投命令，2 s 内如果 110 kV II 母电压恢复正常，备投成功，否则报备投失败，放电。

### 2.2.1.2 收到范县变的远方命令，备投楼范线

#### (1) 远切启动

a) 连续 6 次 (5 ms) 收到来自范县变远方合闸命令并经确认正确。

b) 远切命令备投启动，点装置启动灯，并保持 5 s。

#### (2) 远方备投动作

- a) 110 kV II 母母线有压；
- b) 楼范线无压；
- c) 楼范线开关在分位；

d) 同时满足以上条件，备投动作，合上楼范线开关 4DL，2 s 内，若楼范线开关 4DL 已经合上，且楼范线有压，则备自投成功，否则备自投失败。

### 2.2.2 主变备投功能和澧楼线过载和楼范线过载判断切负荷功能

这两个功能和范县变的功能类似，动作原理相同，这里不再详述。

## 3 装置实现过程中的可靠性设计

备用电源自投装置担负了提高电网可靠供电的重任，因此，对备用电源自投装置的可靠性和正确性提出了非常高的要求，在装置的研制和设计开发过程中，采取了如下措施。

### 3.1 硬件设计上的防误动措施

装置具有硬件自检、电压、电流回路自检，开入回路自检、开出回路自检等功能，一旦发现异常立即闭锁装置。另外为了防止装置开关电源输出异常造成采样值的不正确，装置对开关电源的输出进行自动监视，一旦偏离正常值，装置立即闭锁，发出异常信号。

装置采取了一系列抗干扰措施，以提高装置的电磁兼容性。电源采用了专用抗电磁干扰模块和电路，使得装置具有很强的抗干扰能力。输入部分采用了光电隔离，同时外加滤波电路，强电和弱电完

全分开。输出接点串接了抗干扰电路,增强了高频抗干扰能力。在中央处理单元里采用了许多滤波、抗干扰的单元电路,装置的所有引出端子没有与装置的CPU及A/D的工作电源系统有直接电气联系。针对不同回路,分别采用光电耦合、继电器转接、带屏蔽层的变压器磁耦合等隔离措施,使得整机达到很高的电磁兼容水平。

### 3.2 软件设计上的防误动措施

(a)多重相关条件的判断确认,如检测母线无压时,还要对线路进行无电流检测,再结合开关位置变化进行综合判断,防止误动作。

(b)连续多次确认:(i)在收到对侧装置发来的远方合闸命令时,为了避免某一帧数据命令报文或某一个状态的错误造成误动,采用了6次连续确认正确才进行合闸控制。(ii)重要开关的变位也采用了三次确认,防止抖动。

(c)通信软件设计上,对于命令码和信息码的校验达到6级,如CRC校验、地址码校验、报文代码和校验、命令码的正反码校验、码值的合法性范围校验、命令码特征字和信息码特征字切换,确保装置不因为由于通道干扰的原因造成误动。

### 3.3 闭锁措施

a)完全独立的启动回路,装置只有在启动的情况下,才开放出口。

b)电流电压回路异常闭锁装置出口。

c)与主变后备保护、线路保护等配合,一旦检测到手跳、主变后备保护动作等信号,闭锁相应的备投功能。

## 4 结论

基于稳定控制装置平台的电网双向备用电源自投装置,已在河南电网4个110kV变电站中投入运行,具有4个功能合一双向备投装置在国内还是首次实现。它的研制成功,为保证对重要用户的可靠供电,避免110kV变电站全站失压事故的发生,对电网安全稳定运行具有重要意义。

### 参考文献

- [1] 相咸政,陈辉,等.适应安控系统的微机备用电源自动投入策略[J].电力系统自动化,2006,30(4):84-86.  
XIANG Xian-zheng, CHEN Hui, et al. Backup Power Operation Strategies for Power System Safety and

Stability Control[J].Automation of Electric Power Systems, 2006, 30(4):84-86.

- [2] 吴高明.备用电源自投不正确动作有关问题探讨[J].湖南电力,2005,25(3):57-58.  
WU Gao-ming. Discussion on Incorrect Action of Automatic Closer of Stand-by Power Source[J].Hunan Electric Power, 2005,25(3):57-58.
- [3] 孙含笑,刘华,等.河南电网220kV变电站备自投方案的研究和应用[A].2005年第十届全国保护和控制学术研讨会[C].2005.402-405.  
SUN Han-xiao, LIU Hua, et al. Application of 220kV Automatic Bus Transfer Device with Stability Control Function in Henan Power Grid[A]. in: Protection and Control Conference[C].2005.402-405.
- [4] 宋锦海,李雪明,姬长安,等.安全稳定控制装置的发展现状及展望[J].电力系统自动化,2005,29(23):91-96.  
SONG Jin-hai, LI Xue-ming, JI Chang-an, et al. Current Situation and Development Prospect of Security and Stability Control Equipment[J]. Automation of Electric Power Systems, 2005, 29(23):91-96.
- [5] DL/T 526-2002,静态备用电源自动投入装置技术条件[M].北京:中国电力出版社,2002.  
DL/T 526-2002, General Specification for Automatic Bus Transfer Equipment[M]. Beijing: China Electric Power Press, 2002.
- [6] 陈兴华,吴烈鑫,吴国丙,等.安全稳定控制系统切负荷分配算法[J].继电器,2007,35(11):26-29.  
CHEN Xing-hua, WU Lie-xin, WU Guo-bin, et al. Distributing Algorithm of Load-shedding for Security and Stability Control System[J]. Relay, 2007,35(11):26-29.

收稿日期:2008-08-20; 修回日期:2008-09-26

作者简介:

李雪明(1965-),男,硕士,研究员级高级工程师,主要从事电力系统安全稳定分析与控制方面的研究工作;  
E-mail:lixueming@nari-china.com

秦文韬(1967-),男,硕士,高级工程师,主要从事电网调度运行管理工作;

胥鸣(1966-),男,本科,高级工程师,主要从事电网变电运行管理工作。