

环型电网中备用电源自投系统的实现方案

田苑¹, 史开礼¹, 邢涛², 曹一中¹, 张正勤¹

(1. 国网电力科学研究院/南京南瑞集团公司, 江苏 南京 210003;
2. 海南电网公司电力调度通讯中心运行方式科, 海南 海口 570203)

摘要: 以三亚电网部分 110 kV 电网为例, 在具有多个电源点组成的环型电网中, 在没有完善的通讯通道的情况下, 提出了切实可行的解决方案。通过备自投系统中各装置相互配合, 保证各变电站备自投装置都能可靠正确动作。各装置以采集本地信息为主, 根据本地信息判断远方故障及装置的动作情况, 而决定本装置应采取的动作措施。针对该电网中存在的大量小电源给备自投的正确动作带来问题, 采取相角变化量作为进线电源跳闸的一条辅助判据。

关键词: 备自投装置; 备自投系统; 稳定控制; 环网; 小电源; 配合

A scheme for realization of spare power automatic-switching-device in a ring net

TIAN Yuan¹, SHI Kai-li¹, XING Tao², CAO Yi-zhong¹, ZHANG Zheng-qin¹

(1. State Grid Electric Power Research Institute, Nanjing 210003, China; 2. Hainan Power Dispatch Center, Haikou 570203, China)

Abstract: This paper proposes an automatic-switching solution for a ring network which includes two or more power sources and an incomplete communication network, by taking a part of 110 kV grid in Sanya as an example. Devices in some stations cooperate as a system to prove the correctness of all operations. The device judges remote system events and device operations through local data, so as to make corresponding operations. Meanwhile, a solution for small sources which disturbed the device is proposed as well. In some stations, small sources hold the voltage from dropping down, which makes it difficult to judge the loss of main power source. In this paper, a phase differential judgement is used.

Key words: automatic-switching-device; automatic-switching-system; stability control; ring network; small source; cooperation

中图分类号: TM762 文献标识码: A 文章编号: 1674-3415(2010)06-0067-05

0 引言

常规备自投装置有进线(含主变)备自投和母联备自投两种, 分别用于当主供电源故障时, 自投备供电源进线(或主变)和母联。这两种常规备自投作用于变电站的一条母线, 用于保证变电站在失去主供电源时母线不致失压。

在目前日益复杂的电网结构中, 常规的备自投装置常常无法胜任, 因此在备自投装置中也常常引入了稳定控制的一些观念, 本文所介绍的就是一个由多个变电站所安装的备自投装置相互配合构成的一个系统。这样的备自投系统不仅可以保证装置安装处的供电持续性, 同时也为局部电网的稳定运行提供可靠的支持。

本文所描述的环网供电中, 各变电站相互串接, 在备自投装置的配置和设计中, 必须考虑到各个装置安装点的配合, 以保证只有靠近故障电源一侧且距离故障点最近的装置动作, 同时在解环点的备自

投装置又必须能合闸, 以维持整个局部电网中各变电站的供电。在某些低电压等级的终端电网中, 因为通讯通道不完备甚至无法提供, 各变电站只能根据本地采集的电压、电流及开关位置信息来判断故障点和其它装置的动作行为, 并据此采取相应的措施。而本地小电源又给这些判据的准确性制造了相当的难度。本文以三亚电网部分 110 kV 系统为例, 介绍备自投系统采用相对简单且成本较低的方案, 避免了在各站间大量采用通道传输信息, 而根据各站间的线路电气量变化感知对侧变电站的运行情况, 在本站采取相应措施, 使各站备自投装置统一组成一个系统, 互相协作, 提高了局部电网的供电可靠性, 保证电网的安全稳定运行。

1 系统运行方式

图 1 为三亚部分 110 kV 电网运行方式图。鸭仔塘、红石两个 220 kV 变电站为电源点, 通什、陵水为两个开环点; 通什、保亭、陵水带有小电源。为

了保证各站不失压，分别在通什、保亭、陵水、林旺这四个 110 kV 变电站内装设备自投装置，通过相互之间的密切配合，组成一个备自投系统，来保证系统可靠供电。

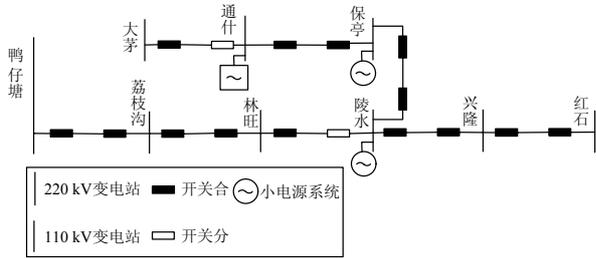


图 1 电网运行方式
Fig. 1 Operating mode

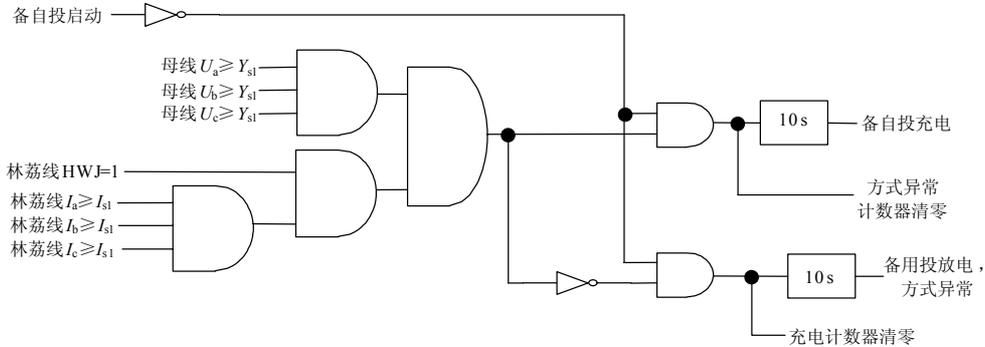


图 2 林旺变备自投充电逻辑框图
Fig. 2 Diagram of charging of the device in Linwang substation

2.2 启动条件

备自投启动条件为母线失压、林荔线故障无流。此处仅用无流来判断林荔线故障而没有采用开关位置判据，是为了保证当林荔线或鸭荔线故障时，备自投装置都能作出正确判断，启动逻辑如图 3 所示。

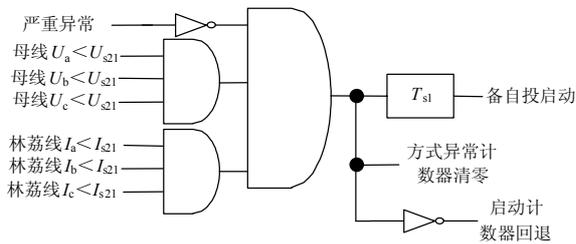


图 3 林旺变备自投启动逻辑框图

Fig. 3 Diagram of starting of the device in Linwang substation

2.3 动作过程

林旺装置启动后动作，只需跳开林荔线即可，投入林陵线由陵水备自投装置配合动作完成，动作逻辑如图 4。

本文针对该 110 kV 电网中具有典型意义的林旺、陵水两变电站安装的备自投装置及其相互配合进行介绍。

2 林旺变备自投装置

林旺变正常运行时通过经由荔枝沟的电源供电，陵水变作为备供电源；同时又通过林陵线作为陵水变的备供电源。因此，备自投的功能为：当林荔线电源失电时，须自行跳开林荔线。而后由陵水变合上林陵线开关，向林旺变供电。合上林陵线的功能，在陵水变实现，本站仅需跳开林荔线即可。

2.1 充电条件

备自投充电条件为母线电压正常、林荔线运行，逻辑图如图 2。

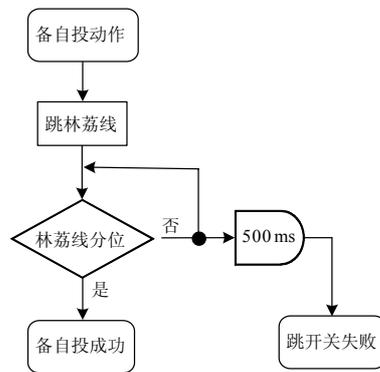


图 4 林旺变备自投动作流程图

Fig. 4 Flow chart of the device operation in Linwang substation

3 陵水变备自投装置

陵水变有来自兴隆的主供电源和来自林旺变的备供电源。保亭、通什的小电源系统通过陵保线连接到本站母线上，本站也有一些小电源线路。

陵水变备自投具有两个功能，第一是“兴陵线故障备自投”，当失去兴陵线电源时，备自投装置动

作, 投入林陵线; 第二是“林陵线备自投”, 当林荔线故障时, 在林旺变跳开林荔线后, 陵水变合上林陵线开关, 保证林旺变供电。

3.1 兴陵线故障备自投

当兴陵线或红兴线故障导致本站失去电源时,

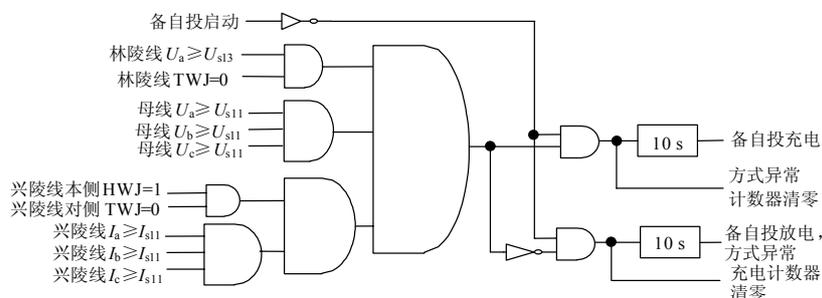


图5 陵水变兴陵线备自投充电逻辑框图

Fig. 5 Diagram of charging of autoswitching on Xingling's fault

3.1.2 启动条件

当兴陵线失电时, 备自投装置需自投林陵线以保证本站供电。兴陵线失电可能由两个原因造成。若是兴陵线本身故障, 此时备自投装置需再次跳开兴陵线开关以确保主供电源故障被可靠切除 (或隔离); 若是红兴线故障, 则应在兴隆变由保护切除红兴线, 而本站备自投不应再跳开兴陵线, 否则将导致兴隆变完全失去电源, 故障被扩大。由于红兴线、兴陵线故障时, 故障电流都会通过陵水变, 因此仅靠电气量已经无法区分故障元件。为解决这一困难, 除了采用本地兴陵线开关位置接点外, 还利用了兴隆与陵水站间已有的数字通道, 传输红兴线保护装置的跳闸信号^[1]。当本站备自投装置检测到兴陵线失电时, 若同时收到红兴线保护装置跳闸信号, 则认为是红兴线故障, 则不发信号跳兴陵线。信号传输方式如图6。

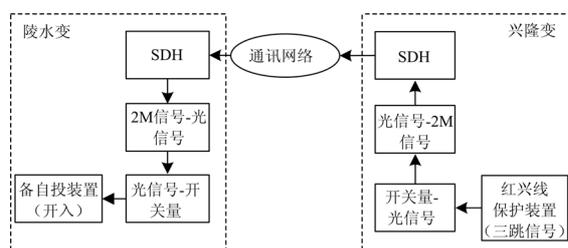


图6 兴隆变—陵水变红兴线保护三跳信号传输

Fig. 6 Transmission of three-phase tripping signal from Xinglong to Lingshui

由于陵水站小电源线路较多而且来源复杂, 当失去主供电源时, 由于有小电源的存在, 母线上的电压下降速度较慢并会维持一定的电压。此时若仅

备自投装置动作, 投入林陵线备供电源。

3.1.1 充电条件

充电条件为常规进线备自投的充电条件: 母线电压正常、主供线运行、备供线有压热备用, 充电逻辑如图5。

采用母线失压作为备自投的启动判据, 备自投将无法启动^[2]。考虑到当兴陵线断开时, 陵水站母线即与系统断开, 并在小电源支持下独立运行; 而林荔线通过林旺、荔枝沟仍与系统相联。因此当陵水站母线与系统断开时, 林陵线与母线相位差将变得不稳定^[3]。利用这一特性, 将林陵线与陵水站母线电压相角差变化值 $\Delta \delta_t$ 作为母线无压之外另一判据加入启动条件中。 $\Delta \delta_t$ 的计算方法如图7。

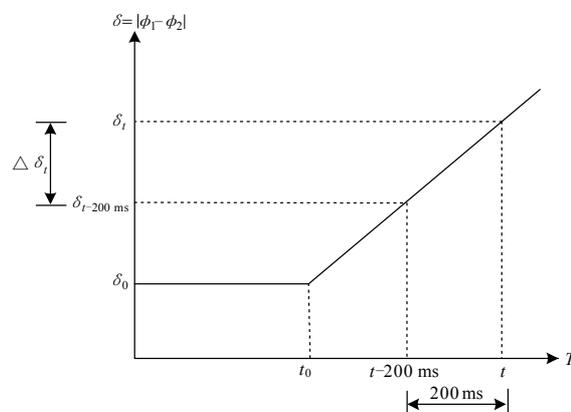


图7 相角差启动条件中相角差 $\Delta \delta_t$ 的定义

Fig. 7 Definition of in $\Delta \delta_t$ phase difference starting

图7中, t_0 时刻兴陵线或红兴线发生故障。在这一时刻之前相角差 $\delta = |\phi_1 - \phi_2| = \delta_0$ 基本保持恒定不变; t_0 时刻陵水变母线与系统断开, 相角差开始拉开。取其200ms的变化量 $\Delta \delta_t$:

$$\Delta \delta_t = |\delta_t - \delta_{t-200ms}|,$$

$$\delta = |\phi_1 - \phi_2|$$

式中: ϕ_1 为母线电压相角; ϕ_2 为林陵线电压相角; δ 为林陵线与母线A相电压相角差; $\Delta \delta_t$ 为 t 时刻相角差变化量; δ_t 为 t 时刻相角差; $\delta_{t-200ms}$ 为200ms

前相角差。

根据以上分析，陵水变启动条件的逻辑框图如

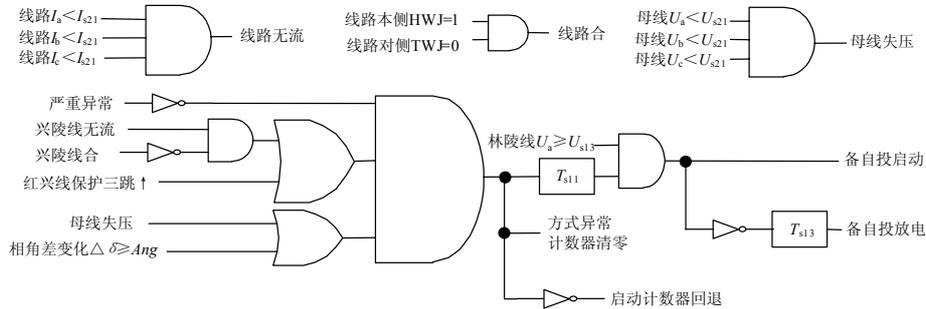


图 8 陵水变兴陵线故障备自投启动逻辑框图

Fig. 8 Diagram of starting of autoswitching on Xingling's fault

3.1.3 动作过程

由于小电源系统的作用，当本站主供电电源失电时，母线并不能完全失压的情况下，备自投在自投备供电之前，必须将小电源线路切除，以避免非同期合闸^[4]。动作流程如图 9。

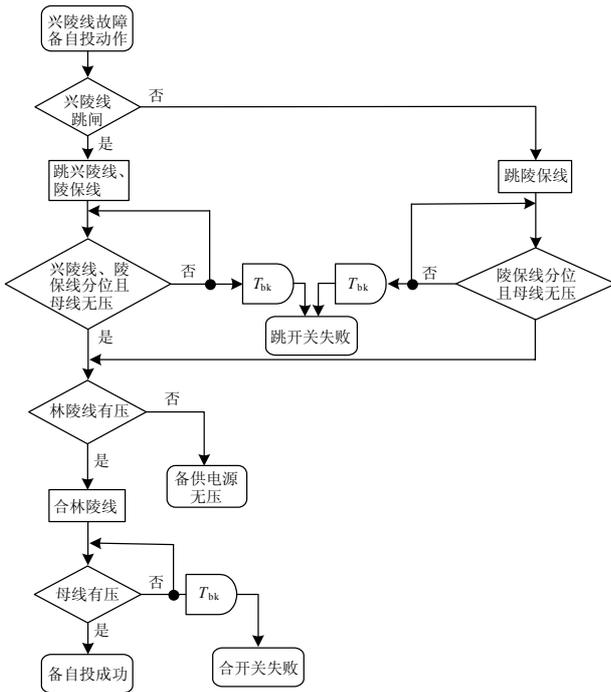


图 9 陵水变兴陵线故障备自投动作流程图

Fig. 9 Flow chart of autoswitching on Xingling's fault

3.2 林陵线备自投

本功能与林旺变备自投装置配合，当林荔线或鸭荔线故障，林旺变失去电源时，林旺备自投装置动作跳开林荔线后，本装置合上林陵线，保证林旺变供电。

图 8。

3.2.1 充电条件

充电条件为：母线电压正常、林陵线有压。母线电压正常用于保证本站母线正常运行，可以为林旺变提供备供电；林陵线电压用于判别林旺变是否正常运行。启动逻辑如图 10。

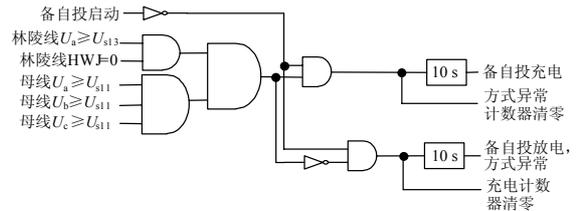


图 10 陵水变林陵线备自投充电逻辑框图

Fig. 10 Diagram of charging of autoswitching on Linling line

3.2.2 启动条件

当林旺变失去电源时，林旺变母线电压失压，导致陵水变采集的林陵线电压失压，这一条件可以用于判断林旺变的运行状况。因此，林陵线备自投启动的条件为：本站母线电压正常、林陵线失压，启动逻辑如图 11。

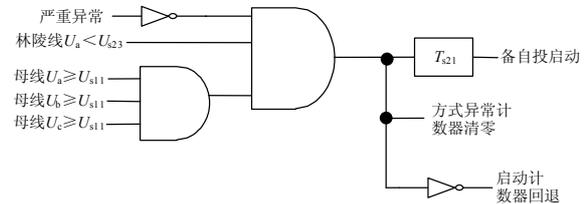


图 11 陵水变林陵线备自投启动逻辑框图

Fig. 11 Diagram of starting of autoswitching on Linling line

3.2.3 动作过程

装置启动后，立即合上林陵线开关，过程如图 12。

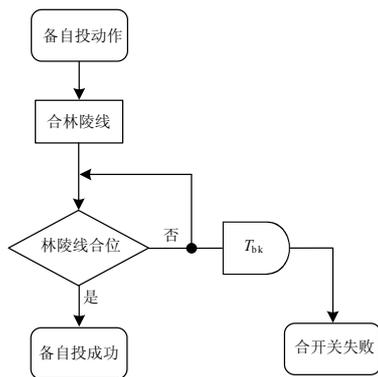


图 12 陵水变林陵线备用投动作流程图

Fig. 12 Flow chart of autoswitching on Linling line

3.2.4 林旺变和陵水变的备用投延时配合

在这一远方备用投逻辑中, 要想林旺和陵水变装置正确配合完成动作, 必须按照先林旺再陵水的顺序动作, 即在林旺变跳开林荔线后, 陵水变才可以合上林陵线, 所以动作延时需要配合。

另外, 陵水变只能采集到林陵线 A 相电压, 这不仅是林陵线 A 相电压, 也是林旺变母线、鸭荔线的 A 相电压。因此, 当鸭仔塘至林旺一线上发生三相故障或 A 相单相故障时, 保护装置立即跳开三相或 A 相, 陵水变也立即检测到林陵线 A 相电压降低, 启动时间继电器启动。而发生 B 或 C 相单相故障时, 在故障开始阶段, A 相电压不会降低, 陵水变无法检测到林陵线的故障。必须到保护装置重合失败、三相跳开时, 陵水变备用投才检测到 A 相电压降低, 从而启动启动时间继电器。

因此, 在两个远方备用投的配合中, 延时的配合尤为关键。为确保正确的动作顺序, 陵水变备用投装置动作延时必须大于林旺变备用投装置动作延时。

4 结语

限于篇幅, 本文只对该局部电网备用投系统中的两个典型备用投装置进行了介绍, 其它几个站的备用投装置都是基于这两个站的思路进行设计的。

目前我国中低压电网中, 为了保证供电的可靠性, 备用投装置被大量使用, 但加入电网稳定控制观点的装置和需要相互密切配合才能可靠动作的备用投系统不多, 本文介绍的备用投系统某种程度上又可以说是一个较为简单的电网稳定控制系统, 通过它来保证一个局部电网的安全可靠运行。

参考文献

- [1] 崔风亮, 周家春. 远方备用电源自动投入装置[J]. 电力自动化设备, 2002, 22(9): 61-62.
CUI Feng-liang, ZHOU Jia-chun. Remote BZT Equipment[J]. Electric Power Automation Equipment, 2002, 22(9): 61-62.
- [2] 杨忠礼, 赵慧光, 张光衡. 影响备用投正确动作原因分析[J]. 电力系统保护与控制, 2002, 36(21): 106-107, 110.
YANG Zhong-li, ZHAO Hui-guang, ZHANG Guang-heng. Cause Analysis on Affecting the Correct Operation of Standby Power Source Automatic Put-in Devices[J]. Power System Protection and Control, 2002, 36(21): 106-107, 110.
- [3] 陈学辉. 一种改进的备用电源自投方案[J]. 湖北电力, 2003, 27(6): 34-36.
CHEN Xue-hui. An Innovated Self-closing Scheme for Standby Power Supply[J]. Hubei Electric Power, 2003, 27(6): 34-36.
- [4] 王雷, 于月光. 小电源接入系统对于电网保护装置的要求[J]. 电器工业, 2008(8).
WANG Lei, YU Yue-guang. Requirements for Protectors by Small Power System Connected to Grid[J]. China Electrical Equipment Industry, 2008(8).

收稿日期: 2009-04-23; 修回日期: 2009-05-20

作者简介:

田苑(1973-)男, 工程师, 主要研究方向为电力系统自动化和稳定控制; E-mail: tianyuan@nari-china.com

史开礼(1981-)男, 助理工程师, 主要研究方向为电力系统自动化和稳定控制;

邢涛(1972-)男, 工程师, 从事电力系统安全稳定控制研究和管理。

(上接第 66 页 continued from page 66)

LI Qing-yang. Numerical Analysis (Fourth Edition)[D]. Wuhan: Huazhong University of Science and Technology Publishing House, 2006.

- [5] IEC IEC60044-8, Instrument Transformers-Electronic Current Transformers[S].

作者简介:

闫志辉(1978-), 男, 硕士研究生, 主要从事数字化变电站过程层产品开发工作; E-mail: yanzhahui@xjgc.com

胡彦民(1979-), 男, 工程师, 从事数字化变电站研究及过程层设备研发工作;

周丽娟(1968-), 女, 工程师, 从事数字化变电站研究及过程层设备研发工作。

收稿日期: 2009-04-20; 修回日期: 2009-04-29