

# 厂用电快速切换应用与研究

李瑞生<sup>1</sup>, 王义平<sup>2</sup>, 熊章学<sup>1</sup>, 姚晴林<sup>3</sup>

( 1 许继电气保护及自动化事业部, 河南 许昌 461000; 2 湖北荆门热电厂, 湖北 荆门 448040;

3 合肥工业大学, 安徽 合肥 230009)

**摘要:** 在工作厂用电因故障或某种原因失电后, 快速安全地合上备用电源, 既减少了失电时间, 减少了对一次设备的冲击, 又减少了电动机自启动过程跳不重要的电动机的几率。该文分析了厂用电失电过程的电压与频率关系, 提出了快速切换的判据与逻辑, 同时考虑了快速切换与保护的配合关系, 如何快速、最佳抓住切换时机, 是厂用电快速切换的关键。

**关键词:** 快速切换; 厂用电; 判据

中图分类号: TM77

文献标识码: B

文章编号: 1003-4897(2005)10-0079-03

## 0 引言

厂用电工作母线因事故或误操作导致其进线断路器跳闸, 工作母线失去电源, 此时需要将备用电源投入, 以保证向厂用负荷 (主要是一些大型电动机) 正常供电。随着机组容量的增大, 厂用电切换的时间、切换过程中设备受到的冲击、锅炉系统工况的稳定等问题越来越受到关注<sup>[1~3]</sup>。由于旋转的电动机在失去电源后其效果相当于发电机, 故工作母线即使失去了电源, 母线上也将存在电压。而常用的备用投装置通常是等母线电压消失或者降低到很小值时才将备用电源投入, 这就无法满足快速、冲击小以及系统稳定的要求。

## 1 厂用电切换的形式

为保证厂用电正常供电需要, 应保证厂用母线不失电或失电时间最短, 厂用电快速切换分正常切换、不正常切换、事故切换 3 种。如图 1 所示, 工作电源由 3DL 通过工作厂变供电, 备用电源由 4DL 通过备用厂变供电。正常切换时, 工作电源和备用电源之间应能双向切换, 既可由工作电源切换至备用电源, 又可由备用电源切换至工作电源。例如机组启动时, 由备用电源供电给厂用电负荷, 待发电机并网稳定运行后, 才合上工作电源使之与备用电源短时并列运行, 然后联跳断开备用电源断路器; 停机时, 先合上备用电源, 与工作电源短时并列, 然后联跳断开工作电源, 由备用电源供电给负荷, 最后机组与系统解列停机。不正常切换是由母线非故障性低压引起的切换, 它是单向的, 只能由工作电源切换至备用电源。不正常切换分为以下两种情况: 母线三

相电压持续低于某一设定值超过所设定的延时, 装置自动跳开工作电源, 投入备用电源; 或由于工作电源断路器误跳, 装置自动投入备用电源。事故自动切换是由于故障引起, 如图 1 所示, d-1 发生短路故障, 工作厂变保护动作, 厂用母线失去电源, 合上备用电源, 事故自动切换也只能是单向切换。

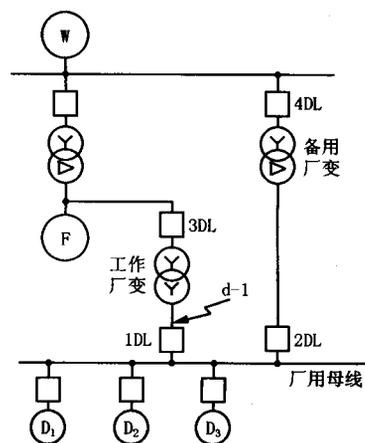


图 1 厂用电接线情况

Fig 1 Connection of the station service system

## 2 厂用电快速切换问题分析

如图 1 所示厂用电接线情况。在 d-1 发生短路故障, 工作厂变保护动作跳开 3DL 或断路器偷跳, 厂用母线失去电源。各电动机在阻尼的作用下转速开始下降, 同时, 电动机产生的反电势使得母线上有电压存在。对于母线上的电压而言, 其频率的衰减以及幅值的衰减如图 2 所示。横坐标表示时间, 纵坐标表示电压及频率。可以看到, 电压幅值的衰减速率要比频率的衰减速率缓慢一些, 并且在 t

时间阶段内,电压的幅值下降得很小,能够维持相当的值,这就是所谓“失电不失压”,但频率的衰减接近30%。经过  $t_1$  时间后,母线电压才下降到  $0.3U_n$ 。母线失去电源后仍然有电压存在以及该电压的慢速衰减特性给备用电源的快速投入施加了限制。

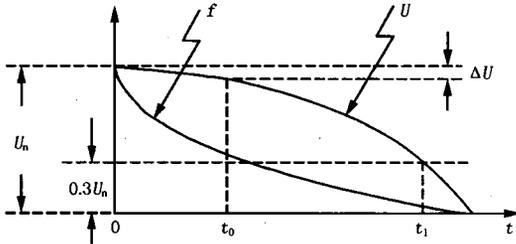


图2 母线电压的幅值与频率的衰减过程  
Fig 2 Decaying procedure of the bus voltage amplitude and frequency

显然,厂用电快速切换在厂用母线电压  $U$  下降的过程中,应尽快合上备用电源。如果不经同期检测,随意合上备用电源,可能造成非同期合闸,冲击电流很大,造成电动机等设备的损害。厂用电事故切换、不正常切换逻辑如图3。

事故切换: d-1发生短路故障,工作厂变动作跳3DL,切换装置跳1DL断路器,切换判据满足,合2DL断路器; 母线故障,母线保护动作,闭锁切换装置。

不正常切换: 3DL断路器偷跳,切换装置跳1DL断路器,切换判据满足,合2DL断路器; 1DL断路器偷跳,切换判据满足,合2DL断路器; 母线电压低,切换装置经延时跳1DL断路器,切换判据满足,合2DL断路器。

切换判据: 在  $t_0$  时间阶段内,检测工作母线电压与备用电源电压之间的电压差  $U$ 、频率差  $f$ 、相角差  $\delta$ , 满足  $U < U_{set1}$ 、 $f < f_{set1}$ 、 $\delta < \delta_{set1}$ , 装置发合闸令。在工作母线失压之初,电压下降小,在频率刚下降之初(如  $f_{set1} = 0.5 \text{ Hz}$ ),若相角差小于允许值( $\delta_{set1} = 40^\circ$ ),装置很快合上备用电源,此为最佳合闸时间; 在  $t_0$  时间阶段内,若频率刚下降之初,没有合上备用电源,采用检测恒定越前时间准同期的方法<sup>[3]</sup>,满足  $U < U_{set2}$ 、 $f < f_{set2}$ 、 $\delta < \delta_{set2}$ , 装置发合闸令。在该过程中,频率下降较大(如  $f_{set2} = 10 \text{ Hz}$ ),计算越前相角  $\delta_{set2}$ ,满足条件装置合闸,这是一种准同期合闸方式,也是一种较佳的合闸时间。以上两种方式均为快速切换; 若在  $t_0$  时间阶段内,方法1、方法2均未合闸,电压、频率均下降很大,满足  $U < U_{set3}$  ( $U_{set3} = 0.3U_n$ ,  $U_n$  为额定),装置合上备

用电源。这是一种无压备自投方式,此为慢速切换。

失去电源以后工作母线电压的幅值衰减非常缓慢,而频率衰减非常快,致使从失去电源那一刻到下一个同期点的时间段被大大缩短,这就要求快切装置要能快速而准确地把握时机,否则,在母线电压的频率下降得足够快的情况下,如果判据  $U$ 、 $\delta$  没有把握住,接下来就只能靠判据  $f$  进行慢速切换了。

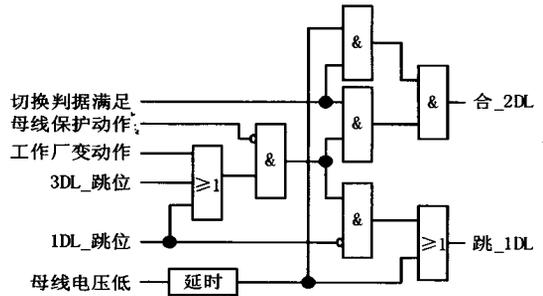


图3 厂用电事故切换、不正常切换逻辑

Fig 3 Logic diagram of the station service fault normal and abnormal switchover

### 3 厂用电快速切换与保护的配合

在母线故障时,若装设母线保护,闭锁切换装置,如图3所示。若没有装设母线保护,在切换装置合闸后,若为永久性故障,切换装置应加速跳闸;若为瞬时性故障,在切换装置合闸后,在母线电压恢复过程中,切换装置低压分时段切除母线上不重要的电动机,以保证重要电动机的自启动。如图4所示,永久性故障,相间电压任一降低,2DL合闸后电流大于  $1.2I_n$  ( $I_n$  为额定电流),加速2DL跳闸;瞬时性故障,母线三相电压恢复过程中,电动机自启动,经延时  $t_1$  跳母线上最不重要的电动机,经延时  $t_2$  跳母线上次不重要的电动机,保证重要电动机自启动,增加

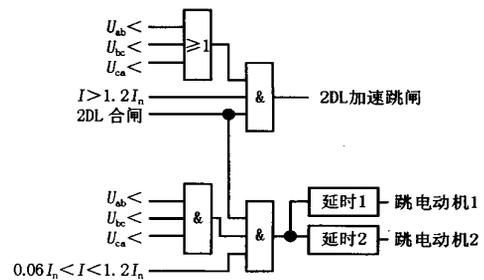


图4 切换与保护的配合逻辑

Fig 4 Coordination logic of switchover and protection

$0.06I_n < I < 1.2I_n$  的有流判据是保证停机或母线三相断线,低电压不误出口。若切换装置在判据  $U$ 、 $\delta$  条件下很快满足切换条件,母线电压恢复很快,没有

低电压自启动过程,保证不切不重要的电动机。

#### 4 结束语

工作厂用母线因某种原因失电,快速合上备用电源,既可以保证母线不失电,又可以减小电流冲击对电动机等设备的损害,减少电动机自启动过程跳不重要的电动机。切换判据最佳为满足切换判据的快速切换,其次为判据的准同期切换,最不利的是判据的备自投方式切换,如何快速、最佳抓住切换时机,是厂用电快速切换的关键。除此之外还应考虑与保护的配合关系,以及电动机的自启动过程,保证切换的成功率。

#### 参考文献:

- [1] 汪雄海. 电机电源切换冲击扰动机理分析及防护[J]. 浙江大学学报(工学版), 2002, 36(1): 97-100.  
WANG Xiong-hai Study on Transient Response Due to Fast Reclosing of the Electrical Sources of the Motor[J]. Journal of Zhejiang University, Engineering Science, 2002, 36(1): 97-100.

- [2] 杨钧,刘书刚,田桂琴,等. 大容量机组 6 kV 厂用电源的切换分析[J]. 电力情报, 1997, (2): 23-25.  
YANG Jun, LIU Shu-gang, TIAN Gui-qin, et al Analysis of 6 kV Station Service Switchover Used in Large Generator[J]. Information on Electric Power, 1997, (2): 23-25.
- [3] 段刚,余贻鑫,殷启志,等. 厂用电切换机电动态过程研究[J]. 电网技术, 1997, 22(1): 61-67.  
DUAN Gang, YU Yi-xin, YIN Qi-zhi, et al A Study on Transient Electromechanical Behavior of Induction Motors During Station Service Bus Switchover[J]. Power System Technology, 1997, 22(1): 61-67.

收稿日期: 2004-09-13

#### 作者简介:

李瑞生(1966-),男,硕士,高工,主要从事线路保护装置的研究与设计; E-mail: ruisheng1@xjgc.com  
王义平(1959-),男,本科,高工,主要从事电厂技术管理工作;  
熊章学(1970-),男,工程师,主要从事高压线路保护方面的研发工作。

### Application and research of station service fast switchover

LI Rui-sheng<sup>1</sup>, WANG Yi-ping<sup>2</sup>, XIONG Zhang-xue<sup>1</sup>, YAO Qing-lin<sup>3</sup>

(1. XJ Electric Protection and Automation Business Department, Xuchang 461000, China;

2. Jingmen Thermal Plant, Jingmen 448040, China; 3. Hefei University of Technology, Hefei 230009, China)

**Abstract:** If the station service loses power, fast switching spare source can reduce the power duration, primary equipment surge, and motor transient responses. The relationship between voltage and frequency during power loss is analysed, and the criterion and logic of fast switchover are put forward. At the same time, the coordination of fast switchover and protection is considered. How to catch the best time is the key problem of station service fast switchover.

**Key words:** fast switchover; station service; criterion

(上接第 78 页 continued from page 78)

### Design and implementation of the control and protection system for 500 kV Hechi series compensation station

ZENG Yu<sup>1</sup>, WANG Jian<sup>2</sup>, GUO Feng-sheng<sup>1</sup>

(1. Central Southern China Electric Power Design Institute, Wuhan 430071, China;

2. Changjiang Water Resource Commission, Wuhan 430010, China)

**Abstract:** The design and implementation of the control and protection system for 500kV Hechi series compensation station are introduced. The coordination between the series capacitor of control and protection system and the transmission line protection is illustrated. Furthermore, some suggestions are given to solve the spot problems.

**Key words:** Hechi series compensation station; control and protection system; transmission lines