

厂用电切换方式探讨

陈医平¹, 蔡旭¹, 曹小连², 吴巍²

(1. 上海交通大学 电气工程系, 上海 200030;

2. 厦门 ABB 开关有限公司, 福建 厦门 361006)

摘要: 详细分析了厂用电系统母线断电后母线残压特性, 厂用系统电源切换可能面临的问题, 提出了 4 种可能的切换方式: 快速切换、首次同相切换、残压切换和长延时切换, 并就每种切换方式结合其判据及实际录波波形对切换的全过程、切换前系统的特征、切换后对系统的影响及整定方法进行了细致的分析。最后得出快速切换是最安全、可靠的切换方式, 它是主切换且是无损切换, 首次同相切换、残压切换和长延时切换属于后备切换模式, 是有损切换, 是对快切模式的补充。

关键词: 快速切换; 母线残压; 首次同相; 长延时切换

中图分类号: TM 621.6 **文献标识码:** B **文章编号:** 1006-6047(2006)11-0107-04

1 厂用电系统简介^[1-4]

火力发电厂厂用电系统一般都具有 2 个电源: 即厂用工作电源和备用(启动)电源, 其典型接线如图 1 所示。

目前, 绝大多数大型火力发电机组都采用单元接

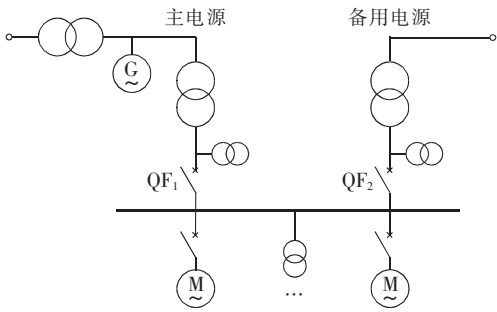


图 1 常见厂用电系统简图
Fig1 Normal house supply
system of power plant

线, 正常运行时机组厂用电由单元机组供电, 停机状态由备用电源供电, 机组在启动和停机过程都必须带负荷进行厂用电切换。另外, 当电源侧电气故障或汽机锅炉发生故障时, 为了保证厂用电不中断, 必须尽快把厂用电电源从工作电源切换到备用电源。因此, 切换一般有 2 类启动信号, 一类是手动启动信号, 即机组启、停机过程由主控室人为发出启动信号; 另一类是保护启动信号, 它包括热工或汽机来的保护启动信号和电气故障启动信号。在某些特殊条件下, 厂用电系统的切换也可由失压信号启动。

2 厂用电切换的基本理论^[1-2,5-10]

对于大容量火力发电厂, 尤其是 300 MW 及以上的机组, 厂用电高压电动机的容量大且数量较多, 当厂用电源中断后, 由于高压电机及负载的机械惯性, 电机将在十多分钟的时间内维持继续旋转, 此时电机由电动机状态变为异步发电机运行。在同一母线上多台电机的共同作用下, 母线电压会维持一定的残压并缓慢衰减, 且频率会随着电机转速的降低而缓

慢下降,其特性如图 2 所示(图中 U_1 为主电源电压; U_2 为备用电源电压; U_D 为差压; U_R 为母线残压)。

从图中可以看出:在厂用电源中断后,母线残压幅值缓慢衰减,母线残压与备用电源电压的相角差逐渐增大,母线残压与备用电源电压之间的差压(以下简称差压)逐渐变大后又变小,接着又变大又再变小,如此反复变化,至于变化一次的时间完全取决于负载(反向转矩)。如果主电源断电后即投入备用电源,则母线残压与备用电源之间的差压将加在电机上,此差压决定了接通冲击电流的大小和施加在电机绕组上的机械应力,同样它也决定了备用电源的暂态响应,另外这种转矩的突然变化也将给电机或驱动机构的机械元件造成损坏,如轴承、固定螺栓、联轴器等。

如果厂用工作电源和备用(启动)电源来自同一系统,在最坏情况下,接通冲击电流可达 6 倍的额定电流;如果厂用工作电源和备用(启动)电源来自不同系统,在最坏情况下,接通冲击电流可达 18 倍的额定电流。这种高达 6~18 倍额定电流的冲击电流将给电源和电气设备造成很大的冲击,为了减小这种冲击,必须确保投入备用电源时母线残压与备用电源电压之间的差压尽可能小。由图 2 可知:如果备用电源电压 U_2 与母线残压 U_R 夹角较小时,差压 U_D 较小;同样,当母线残压 U_R 旋转一周后与备用电源电压 U_2 第 1 次同相时,差压 U_D 也较小。

图 3 为母线残压和差压的实际录波图,可见差压是由不同大小的包络构成,并且包络的大小随时间的增加逐渐变小,且每个包络的波形前后不对称,这主要是由电动机的转速越来越低造成母线残压的频率越来越低,从而引起备用电源电压的频率与母线残压的频率差越来越大,造成包络时延变小且前后不对称。对于不同的系统,残压特性、差压特性和包络的大小都不同。

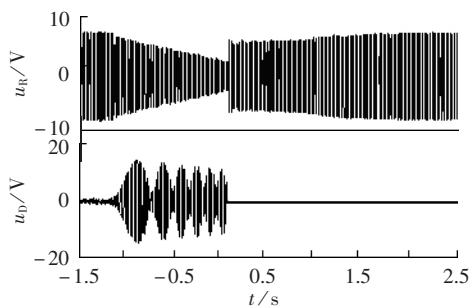


图 3 母线残压和差压录波图

Fig.3 Recorded waves of busbar residual voltage and differential voltage

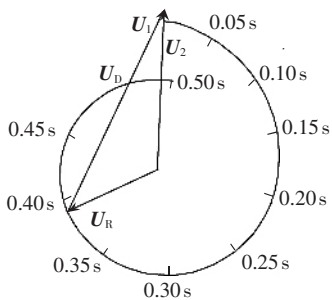


图 2 母线残压特性

Fig.2 The residual voltage characteristics of busbar

由以上分析可知:为减小冲击,备用电源电压 U_2 与母线残压 U_R 夹角较小时实现切换是一比较好的切换;同样当母线残压 U_R 旋转一周后与备用电源电压 U_2 第 1 次同相时实现切换也是比较好的切换,但时间较长;另外也可以在母线残压衰减到系统允许的范围后或母线残压完全消失后进行切换。上述的 4 种切换对应 4 种切换方式:快速切换、首次同相切换(也称同期捕捉切换)、残压切换和长延时切换。

3 快速切换及实测结果分析^[1-2]

快速切换是当切换设备接到启动命令后,如果满足快切判据,则立即同时发出断路器的分、合闸命令,跳开工作电源,合上备用电源。其动作判据如图 4 所示,图中 $\Delta\psi$ 、 Δf 分别为母线电压与备用电源电压之间的相角差和频差; U_2 为备用电源电压; U_R 为母线电压; K_1 、 K_2 、 K_3 、 K_4 为整定值;QF₁、QF₂ 分别为主电源和备用电源断路器。

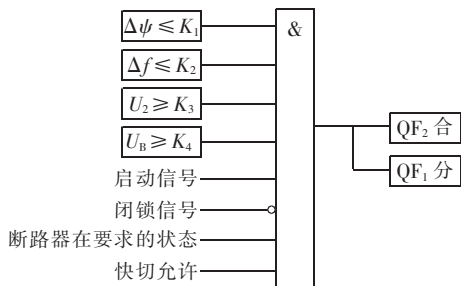


图 4 快速切换动作判据

Fig.4 Operation criterion of fast transfer

快速切换时,系统电气上的断开时间一般不超过 15 ms,主要由断路器的分、合闸时间不同造成。厂用电系统电动机的完全停止时间一般约为 10 min,15 ms 的断电时间对电机的转速基本没有影响,母线电压与备用电源电压之间的角差基本没有变化,主要由系统的功角决定,如果备用电源与主电源来自同一系统,其功角一般在 7° 以内;如果备用电源与主电源来自不同的系统,其功角也在 20° 以内,所以快速切换加在电机上的压差较小,切换造成的冲击电流也较小,一般在负荷电流的 1.5 倍以内,总的切换时间一般在 70~80 ms,在实际应用中,快速切换的成功率几乎达到 100%。

图 5 为快速切换的录波图(从上到下分别为母线残压、差压、工作电源、备用电源;图 7、9 同),从图中可以看到,厂用电母线断电时间为 12.5 ms,差压小,所以电气设备实际所受的冲击电流也小。

4 首次同相切换及实测结果分析^[1-2,7,10]

首次同相切换是当母线残压向量相对备用电源电压向量旋转一周后第 1 次回到同相点时进行的切换,此时角差为 0,差压也较小,对电气设备的冲击也较小。其动作判据见图 6,图中 df/dt 为母线残压频率的变化率; $\varphi_{first}=0$ 表示母线残压与备用电源电压第 1 次同相; K_3 、 K_5 为整定值; U_2 、QF₂ 同图 4。

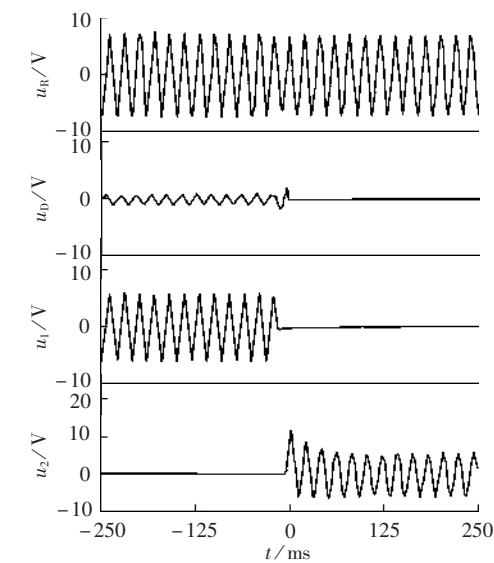


图 5 快速切换录波图
Fig.5 Recorded waves of fast transfer

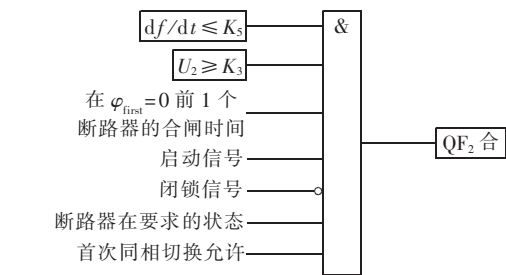


图 6 首次同相切换动作判据
Fig.6 Operation criterion of first phase coincidence transfer

为实现首次同期点切换,切换装置须根据采集的电压计算母线残压向量相对于备用电源电压向量旋转到第 1 个同期点的时间,并与断路器的合闸时间相比较,在同相前 1 个断路器的合闸时间发出合闸命令。图 7 为首次同期点切换录波图。由图可

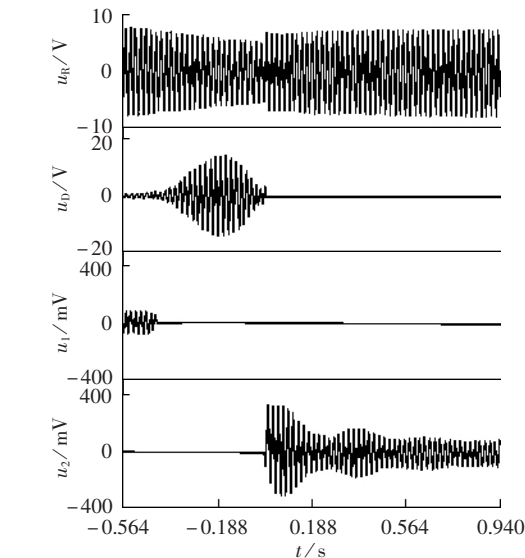


图 7 首次同相切换录波图
Fig.7 Recorded waves of first phase coincidence transfer

见:压差比快速切换方式的大,故冲击电流也较大。

5 残压切换、长延时切换及实测结果分析^[1-2,7]

残压切换是当母线残压衰减到低于设定值时合上备用电源。一般设定值为 40 % 的额定电压。其动作判据如图 8 所示,图中 K_3 、 K_6 为整定值; U_R 为母线残压; U_2 、 QF_2 同图 4。

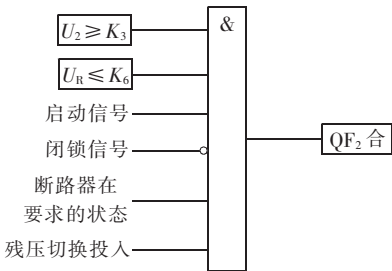


图 8 残压切换动作判据
Fig.8 Operation criterion of residual voltage transfer

残压切换时,差压较大,冲击电流大且持续时间较长,图 9 为残压切换的录波图。

长延时切换是在发出切换指令后经过一定的延时后合上备用电源的切换方式,一般设定时间为 1.5 s。其动作判据如图 10 所示。长延时切换方式下,大部分电机由于低电压保护动作已被切除,未切除的电机自启动,冲击电流很大。

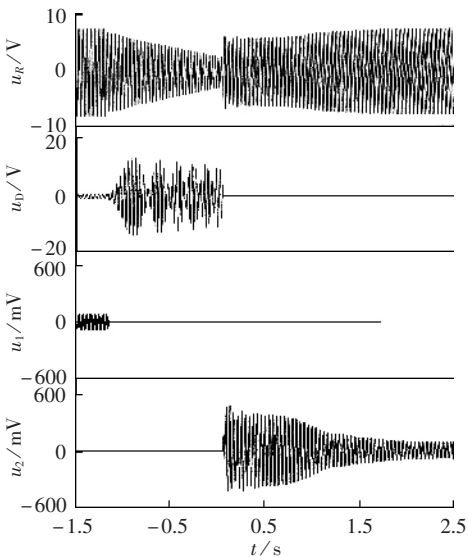


图 9 残压切换的录波图
Fig.9 Recorded waves of residual voltage transfer

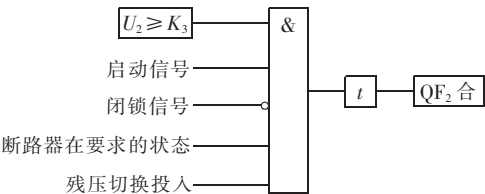


图 10 长延时切换动作判据
Fig.10 Operation criterion of long delayed transfer

6 结语^[10-11]

对4种切换方式的分析及实际录波波形比较可见,最理想的切换方式是快速切换,所以机组正常启停的切换以及故障时的切换必须首先采用快速切换,除非快速切换失败,才执行其他备用切换模式。需要指出的是以上4种切换模式是同时启动的,并非一种失效后才启动另一种模式。另外,对于首次同相切换与残压切换,哪种方式首先执行,完全取决于母线上的负载,如果母线电压衰减很快,可能残压切换先执行,反之首次同相切换先执行,一般情况下首次同相切换先执行,长延时切换只有在其他3种切换都失后才可能执行。快速切换因总切换时间为70~80 ms,所以是无损切换且是主切换方式,其他切换方式是后备切换方式,属慢速切换,切换过程可能引起失压保护动作切掉部分负荷,所以是有损切换。

参考文献:

- [1] 陈医平,徐向东. 火力发电厂厂用电切换新理念的分析及应用[J]. 电工技术杂志,2004(9):6-9.
CHEN Yi-ping,XU Xiang-dong. New idea analysis and application about high speed transfer in thermal power plant[J]. Electrotechnical Journal,2004(9):6-9.
- [2] 徐向东. 对厂用电系统快速切换的几点看法[J]. 高压电器,2005,41(1):65-66.
XU Xiang-dong. Some viewpoints on high speed transfer in auxiliary supply system[J]. High Voltage Apparatus,2005,41(1):65-66.
- [3] 程晓棠. 厂用电自动母线切换装置的应用探讨[J]. 山西电力技术,1999(4):52-55.
CHENG Xiao-tang. Discussion on the application of automated bus transfer system[J]. Shanxi Electric Power,1999(4):52-55.
- [4] 林强,蔡琦. 珠海发电厂6.3 kV厂用电的切换方式[J]. 广东电力,2001(2):12-15.
LIN Qiang,CAI Qi. Switching mode of 6.3 kV auxiliary power supply in Zhuhai power station[J]. Guangdong Electric Power,2001(2):12-15.
- [5] 刘峻,郑伟. 大型机组厂用电切换问题研讨[J]. 继电器,2000,28(12):52-55.
LIU Jun,ZHENG Wei. Discussion on house-service power switching for high rate generation unit[J]. Relay,2000,28(12):52-55.
- [6] 能源部西北电力设计院. 电力工程电气设计手册[M]. 北京:中

国电力出版社,1991.

- [7] 翁海胜. 用快切装置替代备自投装置提高厂用电安全可靠性的[J]. 冶金动力,2002(2):1-4.
WENG Hai-sheng. Replacement of spare automatic switch device by quick switch device to enhance safety reliability of power used in the heat power plant[J]. Metallurgical Power,2002(2):1-4.
- [8] 姜文娟. 西门子 ABTS 系统在 350 MW 机组中的应用[J]. 江西电力,2003,26(3):8-9,12.
JIANG Wen-juan. Siemens ABTS application in 350 MW generation unit[J]. Jiangxi Electric Power,2003,26(3):8-9,12.
- [9] 杨钧,刘书钢. 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. Transfer analysis of 6 kV house supply for large unit[J]. Information on Electric Power,1997(2):23-25.
- [10] 郭伟. 厂用电切换方法的研究及应用[J]. 电力系统自动化,1999,23(15):26-29.
GUO Wei. Study and application of power supply transfer between power plant motor buses[J]. Automation of Electric Power Systems,1999,23(15):26-29.
- [11] 李经升,王舜,韩学义. 厂用电快速切换装置的应用研究[J]. 继电器,2002,30(7):37-39.
LI Jing-sheng,WANG Shun,HAN Xue-yi. Application research on the auxiliary power high-speed transfer device[J]. Relay,2002,30(7):37-39.
- [12] 李瑞生,王义平,熊章学,等. 厂用电快速切换应用与研究[J]. 继电器,2005,33(10):79-81.
LI Rui-sheng,WANG Yi-ping,XIONG Zhang-Xue,et al. Application and research of station service fast switchover [J]. Relay,2005,33(10):79-81.

(责任编辑:柏英武)

作者简介:

陈医平(1972-),男,甘肃天水人,硕士研究生,主要从事继电保护、二次设计及自动化方面的工作(E-mail:cliz-yiping.chen@cn.abb.com);

蔡旭(1964-),男,江苏徐州人,教授,主要从事配电网安全与配电自动化方面的教学与研究工作(E-mail:caixu_cumt@263.net);

曹小连(1971-),女,江苏盐城人,主要从事继电保护、二次设计及自动化方面的工作(E-mail:Janet-xiaolian.cao@cn.abb.com);

吴巍(1978-),男,福建龙岩人,主要从事继电保护、二次设计及自动化方面的工作(E-mail:Will-wei.wu@cn.abb.com)。

Discussion on house supply transfer

CHEN Yi-ping¹,CAI Xu¹,CAO Xiao-lian²,WU Wei²

(1. Shanghai Jiaotong University, Shanghai 200030, China;

2. ABB Xiamen Switchgear Co. Ltd., Xiamen 361006, China)

Abstract: Residual voltage characteristics of the busbar after outage are analyzed, as well as possible matters during house supply transfer. Four possible transfer modes are presented: the fast transfer, the first phase coincidence transfer, the residual voltage transfer and the long delayed transfer. Combined with the criterion and site recorded waves, each mode is discussed on the whole transfer process, pre-transfer system characteristics, the post-transfer influence on the system and the setting way. The fast transfer is the safest and most reliable mode, which is a lossless transfer and regarded as the main transfer, while others are lossy ones and as the backup.

Key words: fast transfer; busbar residual voltage; first phase coincidence; delayed transfer