

发电厂厂用电源切换技术研究

党 杰,刘涤尘,叶念国

(武汉大学 电气工程学院,湖北 武汉 430072)

摘要: 分析了发电厂传统的厂用电切换方式,指出厂站备用电正常切换应是 2 个电源的同期操作,而事故切换是备用电源与仅靠惯性而无后续动力支持的电动机群的电气对接。进而对影响电动机群自启动的主要因素进行了分析,并对感应电动机静态电压特性及厂用电母线残压特性进行了研究,最后明确指出事故切换应综合考虑备用电源电压和厂用电母线残压的相量差及残压状况选择合适的时机。

关键词: 备用电源; 快速快换; 残差; 感应电动机

中图分类号: TM 62

文献标识码: B

文章编号: 1006-6047(2005)06-0089-02

1 厂用电切换操作中所存在的问题

发电厂的厂用电源连续可靠工作是保证发电机组安全运行的基本要求。因此,在火力发电厂中通常都具有如图 1 所示的工作电源和备用电源。

目前,厂用电切换方式大致有 3 种^[1]。

a. 正常切换:常用于开、停机过程。

b. 非正常切换:用于厂用母线非正常电压下降或失压,以及人为误操作导致工作电源被切除。

c. 事故切换:用于发生除母线故障外的故障导致工作电源断开。

正常切换其本质不外乎是先切除一电源,再投入另一电源,一般未进行同期操作,其结果是无法避免在切换操作时所引起的厂用负荷短暂停电,甚至因电源投入失败而造成厂用电全停的严重后果。而在正常切换中若采用同期操作即使因操作失败,另一电源未能成功投入,厂用电也不至于中断。

非正常切换和事故切换本质相同,都是在断开工作电源后,要求快速投入备用电源。实际上就是备用电源与仅靠惯性而无后续动力支持的电动机群的电气对接^①。

现今较为推崇的有 2 种切换方法。一是快速切换,即备用电压投入时的相角差越小越好,一般在 30° 内。这种方法虽在较大残压时投入,冲击电流较小,对电动机自启动极为有利,但对切换速度要求很高,具体实施时成功率低,对于某些电厂,其初始相角较大,对快切更为不利。显然,此法只重视相角

差,没有抓住影响厂用电切换的关键性因素。另一方法是同期捕捉切换,即在备用电源与残压之间的相角差为零或接近零时进行切换。这种方法忽视了母线残压特性和感应电动机静态特性^[2],是极为不可取的方法。

2 对当前推崇的切换方式分析

2.1 快速切换方式分析

快速切换在母线残压 U_G 与备用电源 U_B 相角差较小 ($< 30^\circ$) 时进行切换,此时 U_G 的幅值和频率下降不多,相角差不大,启动电流数值较小、持续时间较短,确实对电动机启动非常有利,但设计者未曾考虑在事故切换过程中,真正伤害电动机的因素不是投入备用电源时的相角差,而是施加在电动机上的电压产生的电流。因此,切换时首先要关注的是 ΔU 而非 $\Delta\phi$, ΔU 的数值决定了施加在电动机群上电压的大小。备用电源投入时的等值电路和相量图如图 2 所示。

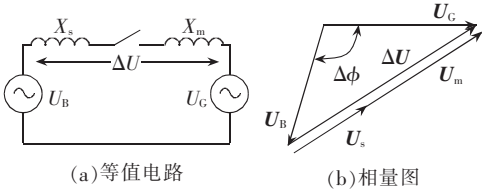


图 2 备用电源投入时的等值电路和相量图
Fig.2 Equivalent circuit and phasor diagram of standby power source switchover

分析知电动机上电压 U_m 为

$$U_m = \Delta U X_m / (X_s + X_m) \quad (1)$$

式中 X_m 为母线上电动机和低压负荷折算到高压厂用电后的等值电抗; X_s 为电源的等值电抗; ΔU 为电源电压和残压之间的差拍电压。

如令 U_m 为电动机启动时的允许电压,则当其为

① 叶念国,剖析当今“厂用电快速切换装置”设计的原则性错误,深圳市智能设备开发有限公司。

额定电压的 1.1~1.2 倍(即 $1.1\sim 1.2U_N$),电动机就是安全的。根据上述思路及电厂的实际参数计算可知,在满足 ΔU 数值要求亦考虑感应电动机的静态电压特性等因素的情况下实施合闸,其合闸时相角可达 100 多度。因此把切换时机局限于 30° 之内,将错过多次挽救系统故障的机会,给系统带来不可挽回的损失。

2.2 同期捕捉切换方式分析

由于快速切换要求较高,实现快切的概率很低,故同期捕捉切换就成为当前较为推崇的操作方法。所谓的同期捕捉切换就是以频差和角差来界定合闸区域,并尽量做到相角差为零时合闸。事实上即使是在第 1 次相角差为零时切换成功,备用电源电压 U_B 与残压 U_C 间相对运动已达 360° ,由图 3 所示残压相量图^[3]可以看出,同期捕捉切换时间约为 $0.6\sim 0.65\text{ s}$,考虑感应电动机的静态电压特性,按典型参数绘制的感应电动机的静态电压特性曲线图如图 4 所示。

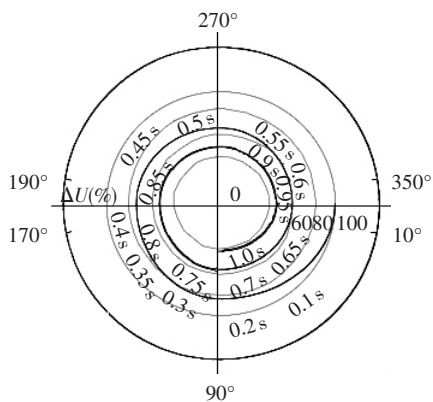


图 3 残压相量图

Fig.3 Phasor diagram of residual voltage

当电动机电压降至临界点 K 以下时,无功功率 Q 猛增,有功功率 P 骤降,这将促使 U_C 的数值和频率急剧下降,在第 1 次捕捉到同期点时,残压就已下降到临界电压以下了。倘若未能 1 次捕捉到同期点,再继续等待下一次相角差为零时合闸,其残压值就相当小了。在此过程中,已会有相当数量的电动机因低压保护动作而相继切除,即使再次投入电源成功,也有可能使系统运行发生危险^[3,4],如锅炉的风系统,引风机的转速快于送风机转速,很可能导致锅炉和烟道负压爆炸。

3 新型切换方式

根据以上分析可知,无法实现快速切换时, ΔU 的数值因决定了施加在电动机群上电压的大小而成为影响备用电源切换时机的主要因素。投切时要确保施加在电动机群上的电压在可承受的范围内,另外要求必须在残压降到临界电压前投入备用电源。

同时,应认识到,残压的幅值、相位、频率均在变化,且厂用母线上接有多种类型的电动机,它们的特性会有较大差异,合成的母线残压特性曲线亦差异较大,所以各厂应根据具体情况进行计算,确定 ΔU 的允许值,进而确定允许合闸的相角范围。本文在山西太原某电厂试验时,在相位角为 120° 时合闸,残压仅下降 2%,几乎没有启动电流,使厂用电恢复在不经意间成功,确保了系统的正常运行。

4 结论

由于长期以来,人们都未能对发电厂厂用电切换方式引起重视,本文分析认为,随着机组容量的增大,对厂用电系统的安全可靠性要求将会更高。因此,对厂用电切换所应遵循的原则进行深入的探讨是电力系统发展的迫切需要。本文对发电厂传统的厂用电切换方式进行了分析,指出厂站备用电源正常切换应是 2 个电源的同期操作,而事故切换是备用电源与仅靠惯性而无后续动力支持的电动机群的电气对接。进而对影响电动机群自启动的主要因素进行了分析,对感应电动机静态电压特性及厂用电母线残压特性进行了研究,并明确指出,事故切换中的时机选择不宜只局限在相角差为零或接近于零的时刻,也不应仅限定在 $\Delta\phi < 30^\circ$ 的范围内,而应综合考虑备用电源电压和厂用电母线残压的相量差 ΔU 及残压的状况选择合适的切换时机。

参考文献:

- [1] 魏 明. 厂用电切换方法分析[J]. 云南电力技术, 2000, 28(1): 12-14.
WEI Ming. Analysis of auxiliary power transfer[J]. *Yunnan Electric Power*, 2000, 28(1): 12-14.
- [2] 王新宝, 韩祯祥. 计及感应电动机静态特性的 PV 曲线分析[J]. 电力系统自动化, 2004, 28(2): 32-36.
WANG Xin-bao, HAN Zhen-xiang. PV curves analysis considering the static characteristic of induction motor[J]. *Automation of Electric Power Systems*, 2004, 28(2): 32-36.
- [3] 卓乐友, 董柏林. 电力工程电气设计手册 2[M]. 北京: 中国电力出版社, 1996.
- [4] 郭 伟, 王道武, 胡敏英, 等. 微机型厂用电快速切换装置的研究[J]. 电力自动化设备, 1995, 15(4): 19-22.
GUO Wei, WANG Dao-wu, HU Min-you, et al. Research on micro high-speed transfer device for auxiliary power[J]. *Electric Power Automation Equipment*, 1995, 15(4): 19-22.

(责任编辑: 柏英武)

作者简介:

党 杰(1981-), 女, 河南南阳人, 硕博连读研究生, 主要从事电力系统自动化监控方面的研究(E-mail: dangchunqiu@163.com);

刘涤尘(1953-), 男, 湖北红安人, 教授, 博士, 博士生导师, 主要从事电力系统自动监控及电力电子方面的研究;

叶念国(1935-), 男, 湖北武汉人, 深圳市智能设备开发有限公司董事长, 武汉大学电气工程学院兼职教授, 主要从事电力系统自动化方面的研究。

Study of house supply transfer in power plant

DANG Jie, LIU Di-chen, YE Nian-guo

(School of Electrical Engineering, Wuhan University, Wuhan 430072, China)

Abstract: The traditional transfer methods of house supply in power plant are analyzed. It is pointed out that the normal transfer should be synchronized between two sources, while the emergency transfer is the electrical connection between the standby source and the motors, which run only by inertia without supporting power. The main factors affecting the self-startup of motors are analyzed. The static characteristics of induction motors and the phasor diagram of residual voltage on bus are studied. The phase difference between standby source voltage and bus residual voltage, together with the status of residual voltage, should be synthetically considered for the proper emergency transfer.

Key words: standby source; high-speed transfer; residual voltage; induction motor