

大型发电厂厂用电源切换的再思考

张新伟¹, 晁勤¹, 常喜强², 黄净²

(1. 新疆大学电气工程学院, 乌鲁木齐 830047; 2. 新疆电力调度通信中心, 乌鲁木齐 830002)

摘要: 保证厂用电源的安全可靠对大型发电厂安全稳定运行至关重要, 厂用电的切换在发电厂的各种操作中也比较复杂, 比较关键。结合某电厂的实际运行状况, 对发电厂中普遍采用的厂用电快切方式进行了讨论, 对其优缺点进行了深入分析, 指出影响因素, 提出了厂用电切换注意事项, 以保证大型发电厂厂用电的成功切换, 减少对厂用设备的损害。

关键词: 厂用电源; 切换; 措施

Abstract: The reliability of auxiliary power source is important to ensure the safe and stable operation of large-scale power plant its switchover is complicated and pivotal among various operations. Based on the actual operating condition of a power plant the existing switchover schemes are discussed its advantages and disadvantages are analyzed the influencing factors are pointed out and the points for attention during switching over the auxiliary power source are put forward so as to ensure the successful switchover of auxiliary power source and reduce the harm on the equipment.

Key words: auxiliary power source; switchover; measures

中图分类号: TM621.5 **文献标志码:** B **文章编号:** 1003-6954(2010)05-0060-05

随着电力工业的科技进步, 大量新技术新产品得到了广泛的应用, 其中大型发电机组的容量也越来越大。机组的安全稳定运行中至关重要的因素之一是保证厂用电的安全。大容量机组运行需要的厂用电也越来越大, 厂用电安全性、可靠性要求也越来越高。因此, 在各种情况下, 厂用电的安全可靠切换问题也显得比较突出。发电厂采取各种措施保证厂用电的切换。目前发电厂采用的厂用电源切换方式有并联切换和串联切换, 这些切换方式各有特点, 各有利弊。厂用负荷性质不同, 不同的切换方式对厂用负荷的影响有差异。深入分析不同的厂用电源切换方式的特点、影响因素, 同时也针对不同性质的厂用负荷, 进行了分析, 提出相关的注意事项, 具有一定的实际意义。

1 厂用电源的切换方式分类

大容量机组厂用工作电源一般由本发电机出口直接引接, 经过厂高变变压后给厂用工作母线供电。厂内其他发电机组的厂用高压工作电源与该发电机组厂用高压工作电压相连, 作为高压厂用工作母线的热备用电源。启/备电源由发电厂较高电压等级的母线引接, 通过启/备变压器厂用工作母线联接, 也作为高压厂用工作母线的热备用电源, 常用的 2 种厂用电

源接线如图 1 所示。

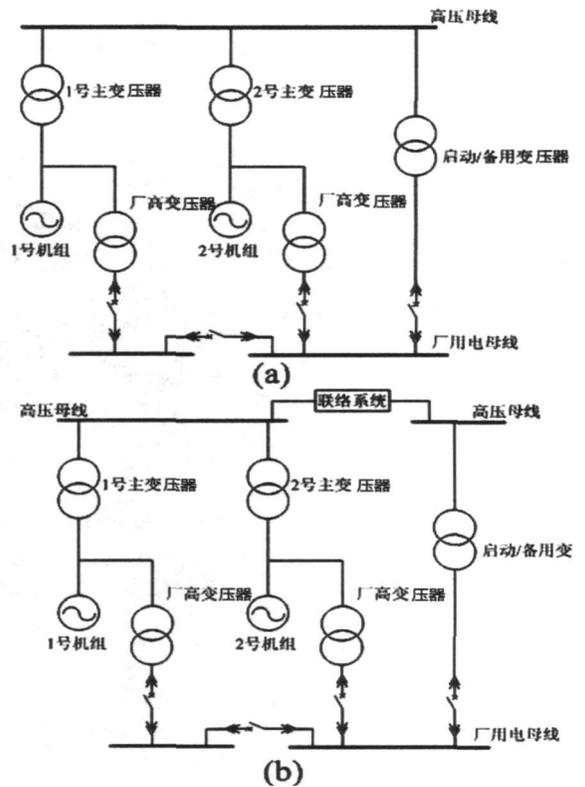


图 1 厂用电源接线示意图

机组正常运行时, 常自身带厂用电, 在机组开机或者停运时需要切换厂用电源。由于考虑切换过程

表 1 厂用电源切换方式

方式名称	动作顺序	分类	时间	定义
串联切换	先断 后合	延时切换	$\geq 1.5s$	当母线残压下跌至低电压继电器动作值时,各自投装置经延时先跳工作电源开关,再合备用电源开关。
		快速串联	$< 1s$	快切装置先跳开工作电源,当检测到工作电源进线开关跳闸的反馈信号,同时检测到厂用负荷母线残压和备用电源电压之间的频差、相差和压差都满足切换条件时,投入备用电源。
并联切换	先合 后断	手动并联	$\geq 30s$	手动并联切换是指运行人员手动操作先合备用电源开关,再断开工作电源开关。
		自动并联	$< 1s$	快切装置先合备用电源开关,经一定延时自动跳开工作电源开关。

中短时形成电磁环网,综合考虑各种因素,目前大型火电厂厂用电源的切换多采用串联切换和并联切换,具体分类参见表 1。

2 串联切换方式的深入分析

2.1 延时切换方式

厂用电源采用延时切换方式对厂用负荷的影响主要有以下 3 个方面:①切换时间长。延时切换方式切换时间相对较长,对机炉热力系统的安全稳定运行非常不利。②冲击电流大。由于电动机负荷电压迅速降低,转速下降,备用电源再投入时,电动机自启动时间延长,冲击电流远大于额定电流,给启/备变压器造成较大危害。③可能造成故障范围的扩大。当厂用电母线故障时,厂用负荷母线电压快速降至动作值以下,当小于低电压继电器整定值时,备用电源投入,使厂用电母线又一次受到冲击,有可能引起故障范围的扩大。

厂用电源的延时切换时间主要取决于厂用电母线残压的衰减时间,厂用负荷中电动机负荷占有很大比例,切换过程中母线电压由于反馈电势的存在而衰减较慢。电动机负荷所占比例不同时的残压衰减曲线如图 2 所示。由图 2 可以看出,厂用负荷中电动机负荷比例越大,残压衰减越慢。

2.2 快速串联切换方式

厂用电源的快速串联切换采用微机性的自动切换装置,动作可靠性高,抗干扰能力强,得到广泛的应用。采用该方式进行厂用电源切换,有 3 方面的问题需要注意。

1)切换时间并非越小越好。电源电压和电动机残压之间的夹角 θ 对应不同的差拍电压 ΔU ,备用电源投入时 ΔU 越大,对电动机负荷的冲击就越大。图 3 为切换时间分别为 0.22 s、0.35 s、0.7 s 时的冲击电流仿真曲线。

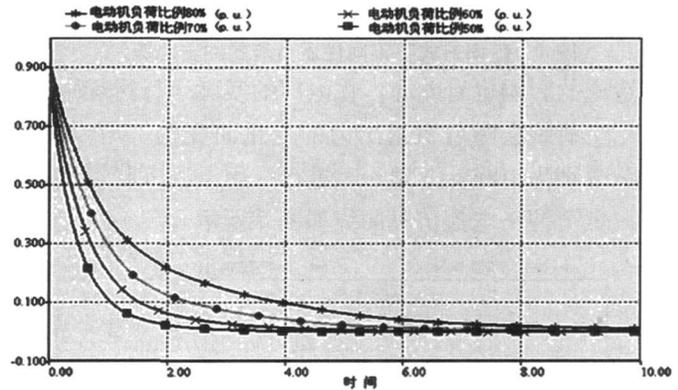


图 2 残压衰减曲线

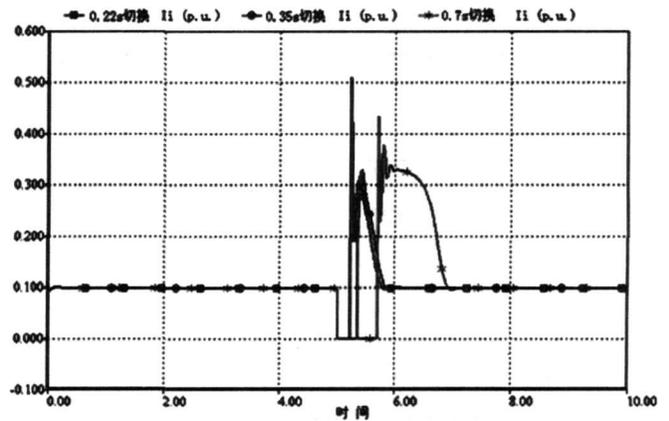


图 3 不同串切时间下的扰动电流

由图 3 可以看出,切换时间为 0.22 s、0.7 s 时冲击电流比 0.35 s 时要大。所以在用快速串联切换时,应综合考虑厂用负荷的残压特性及两电压间频差、压差、相角差,合理整定快切装置的动作时间,从而保证厂用电稳定运行。

2)厂用负荷的性质不同时,厂用电源的串联切换对厂用负荷造成的影响也不同。电动机负荷比例分别为 80%、50%、20% 时,厂用电源采用基于快切装置的串联切换,厂用负荷的冲击电流仿真图分别如图 4 所示。

由图 4 可以看出电动机负荷比例越小,厂用电源切换造成的冲击电流越小。

3)厂用负荷量不同时,厂用电源的串联切换对

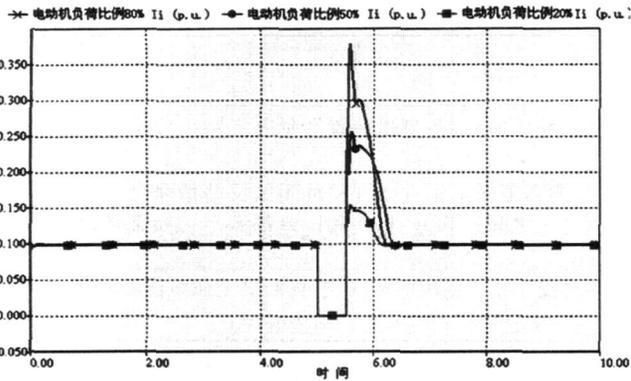


图 4 串切方式下不同性质负荷的冲击电流

其造成的影响也有差异。在电厂的实际运行过程中, 厂用负荷量会随着机组出力的变化而变化。当厂用负荷分别为 100% 和 50% 时进行厂用电源串联切换, 厂用负荷冲击电流仿真曲线如图 5 所示。

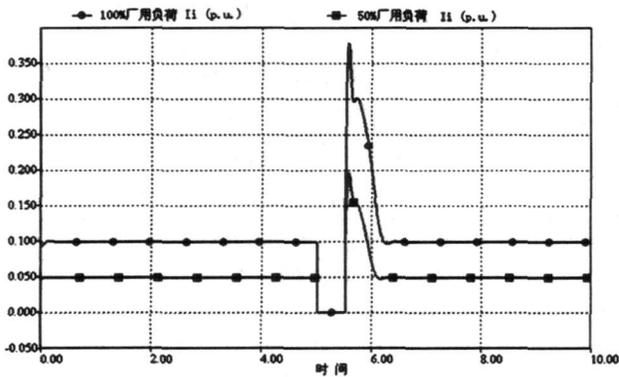


图 5 厂用负荷量不同时的冲击电流

由图 5 可以看出, 厂用负荷越小时厂用电源切换造成的冲击电流就越小。

3 并联切换方式的深入分析

当厂用电源采用手动并联切换方式时, 整个操作过程由人工手动完成, 切换时间较长。相比之下, 基于快切装置的自动并联切换用时较短。并联切换可以使厂用负荷在不失电的情况下进行工作电源与备用电源的切换, 对负荷的扰动相对较小, 但也存在一些问题。

3.1 并联切换方式存在的问题

1) 并联切换时存在高低压电磁环网。在电磁环网中, 由于变压器、线路等电气元件参数匹配不合理, 会在环网内产生循环功率 S_c , 具体表达式如下。

$$S_c = \frac{U_N \partial X_c}{Z_c^2} + j \frac{U_N \Delta U X_c}{Z_c^2}$$

其中, U_N 为合环点额定电压; Z_c 表示环网总阻

抗。由上述表达式可以看出, 循环功率的大小主要取决于环网断口两侧电压相量差, 两侧电压幅值差直接影响无功大小, 两侧电压相位差直接影响有功大小。

机组正常运行时循环功率将会造成设备过载, 危及厂用电安全。并联切换过程中如果系统发生故障, 如主变压器低压侧跳闸, 发电机输出功率不可能瞬变, 其输出功率将通过启/备变压器向外输送, 而启/备变压器容量一般远小于主变压器容量, 所以有可能造成相关电力设备毁坏, 扩大了事故范围, 如图 6 所示。

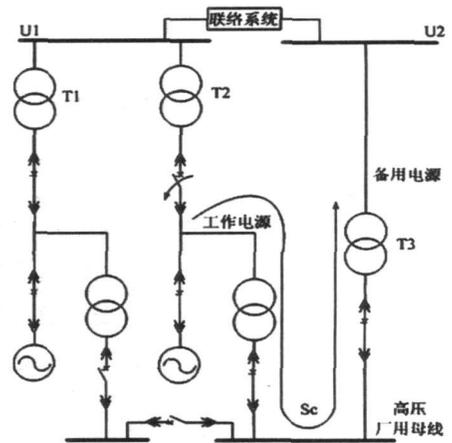


图 6 并切过程中功率流向示意图

2) 并联切换过程中如果发生相间短路, 故障电流将大幅增加。

3) 并联切换时, 投入备用电源, 潮流会改变分布; 退出工作电源, 潮流又一次改变分布。所以厂用电源进行一次并联切换将会造成厂用负荷的两次扰动。

3.2 并切手动、自动切换的对比分析

由于手动、自动并联切换的切换时间不同, 对厂用负荷的扰动情况也不同。厂用电源分别采用手动、自动并联切换时, 厂用负荷的扰动电流如图 7 所示。

由图 7 可以看出, 手动并联切换对厂用负荷有两次扰动, 由于切换时间较长, 增加了故障电流加倍的概率。相比之下, 自动并联切换时间较短, 仅对厂用负荷造成一次扰动, 更有利于厂用电源的安全切换。

当厂用电源采用并联切换时应尽量缩短切换时间。针对切换过程中循环功率的问题, 一方面可以通过调节变压器分接头和利用 FACTS 设备, 如移相器等改变开口电压差的幅值和相位; 另一方面, 可以对接入环网的变压器和线路进行合理匹配来改变; 当环网结构不能改变时, 可以通过可控串补等柔性控制技

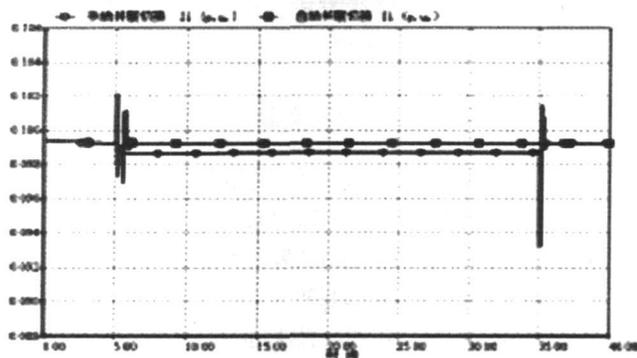


图 7 手动、自动并联切换下的扰动电流
术改善电网的运行参数控制功率环流。

4 快速串切、自动并切方式的对比分析

串联切换对厂用负荷造成冲击,引起电动机负荷的转速变化和扰动电流较大。并联切换不会中断厂用负荷的供电,切换工程中厂用负荷各电气量波动甚微,但其引起的循环功率会对电气设备造成一定影响,具体参见图 8、图 9。

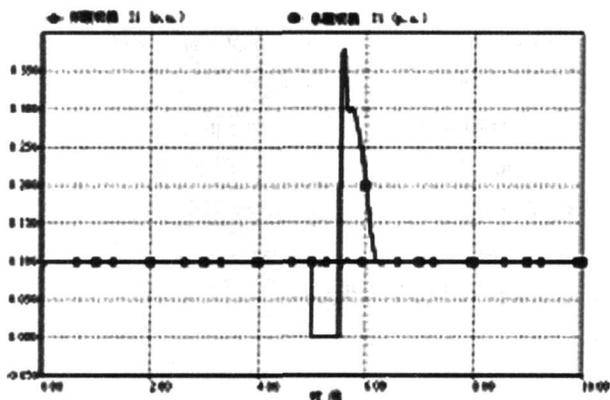


图 8 并切、串切方式下的扰动电流

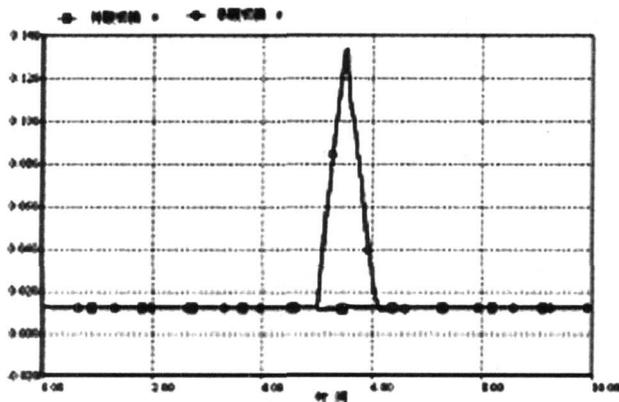


图 9 并切、串切方式下的电动机转差率

备注:上述计算采用厂用负荷中电动机负荷比例为 80%。

5 实例分析

新疆某电厂总装机容量 1 800 MVA, 全厂 4 回 220 kV 出线, 电厂拥有 6 台火力发电机组, 其中 1~3 号机组接入 220 kV I 母线, 4~6 号机组接入 220 kV II 母线; 正常运行时各机组厂用电由本机厂高压变压器自带, 高备变压器由主变压器中压侧引出, 电气主接线简图如图 10 所示。

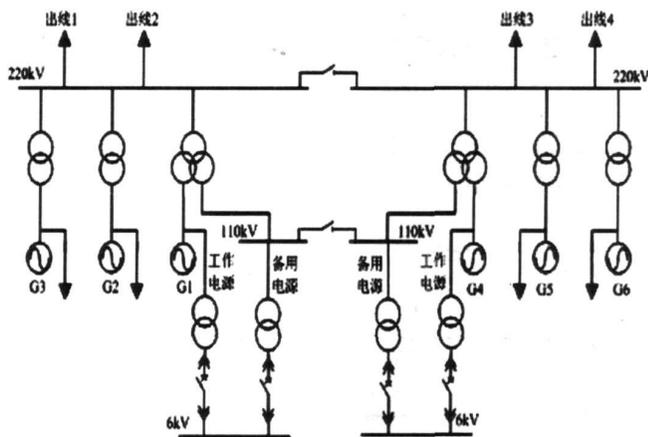


图 10 某电厂电气主接线简图

该厂 1 号机组所带的厂用负荷为 27. 21 MW, 其中电动机负荷比例 78%, 厂用电源分别采用延时切换、快速串联切换、手动并联切换、自动并联切换时厂用负荷大的扰动电流、电动机转差、功率波动及循环功率如表 2 所示。

表 2 不同切换方式下各电气量

切换方式	i_{max} /kA	S_{max}	$P_{fluctuate}$ /MW	S_c /MW
延时切换			厂用负荷电压失稳 电动机无法自启动	无
快速串切	8. 04	0. 09	45. 52	
手动并切	2. 96	0. 01	6. 72	9. 24
自动并切	3. 36	0. 01	6. 72	9. 31

6 结 语

通过上述分析, 厂用电源的 2 种切换方式各有利弊。采用串联切换方式、并联切换方式对厂用电源切换时需要注意以下问题。

1) 如果采用串联切换, 应注意综合考虑电源电

压与负荷电压之间的压差、频差、相角差及断路器的分、合闸时间,对快切装置的动作时间进行合理的整定,应尽量在厂用负荷较小时进行厂用电源的切换。

2)如果采用并联切换,切换时间越短越好,最好采用基于快切装置的自动并联切换方式,减少 2 次冲击。建议厂用电源采用并联切换方式,为避免切换过程中循环功率的问题,并联切换之前最好能分析核实切换过程中的循环功率,进行控制,使循环功率最小,提高厂用电源切换的可靠性。

厂用电源切换的快速性及可靠性对发电厂的安全稳定运行极其重要,尤其是事故工况下的厂用电源切换,对减少厂用负荷损失,缩小事故范围意义重大。不同的厂用电源切换方式各有利弊,应根据各发电厂

的实际运行状况及接线方式,合理选择厂用电源的切换方式。

参考文献

- [1] 李子健. 600 MW 机组 6 kV 厂用电切换问题分析及对策 [J]. 电力建设, 2009, 22(3): 119-121.
- [2] 陈悦. 厂用电 6 kV 快切装置动作分析与改进 [J]. 华北电力技术, 2008, 10(6): 39-42.
- [3] 阮俊豪. 厂用电快切装置改造 [J]. 华电技术, 2008, 30(12): 66-69.
- [4] 肖仕武. 发电厂不同厂用电环并操作问题 [J]. 电力自动化设备, 2009, 29(7): 142-145.

(收稿日期: 2010-07-10)

(上接第 35 页)

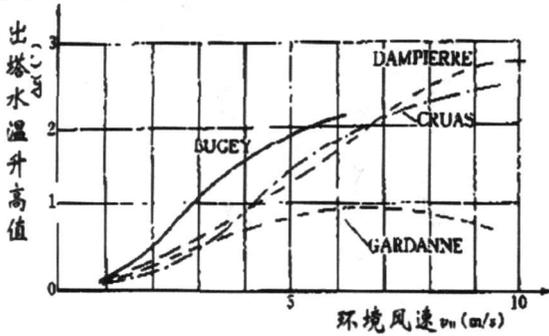


图 1 国外多个电厂冷却塔环境风速与出塔水温的关系曲线

冷却塔空气动力涡流调节装置即在逆流式自然通风冷却塔进风口周围每隔一定距离安装一道宽 6~7 m, 高度略低于进风口的导流栅墙(板)。由于导流板的存在,相当于冷却塔进风口外移了 6~7 m,也相当于把干扰区外移,使干扰区远离塔筒。同时由于导流栅墙(板)的整流作用,会有效的改善大风对冷却塔侧面进风的影响,从而提高冷却塔的效率。采用空气动力涡流调节装置后,将发生以下变化:①水塔周边进风均匀度明显提高。②水塔周边进入水塔

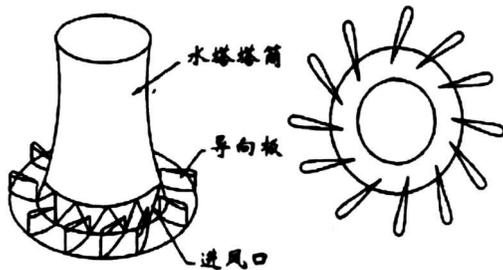


图 2 冷却塔空气动力涡流调节装置示意图

的空气(水平)区域扩大,一般超过了入风口高度,有的达到入风口高度的 2 倍以上。③水塔进风量提高

5%~35%。④在冷却塔内部形成稳定的旋转上升气流,使空气较深地和均匀地穿透冷却水塔内部,减少了塔内的漩涡区间。

3 经济效益

冷却塔出水温度降低,对发电厂经济效益的影响,主要表现在以下三个方面。

1)凝汽器背压降低,从而降低了汽机热耗;

对 600 MW 机组,每座冷却塔加装一套空气动力涡流调节装置,导向板采用现浇钢筋混凝土结构,总投资约 700 万元。冷却塔加装空气动力调节装置后,全年平均冷却水温降低约 1.5 °C,折合每千瓦时降低标煤耗约 0.5 g 左右。

2)改善电厂辅助设备(发电机内冷水,机组油、空气、氢气冷却器、辅机轴承冷却系统等)的工作条件,提高辅机效率;

3)降低污染物排放,如灰渣、SO₂、NO_x 的排放,创造了社会效益及环保效益。

4 结 语

冷却塔空气动力涡流调节装置是一项新型的节能环保技术,符合国家倡导的节能减排政策。加快先进节能技术、产品开发和推广应用这也是国务院关于加强节能工作的重要指示。应该积极引进国外先进节能技术和管理经验,广泛与国际组织、有关国家和地区在节能领域的广泛合作。这也是加快中国节能减排的一项有效途径。

(收稿日期: 2010-06-22)