

大型机组厂用电切换问题研讨

刘峻, 郑伟

(甘肃电力试验研究所, 甘肃 兰州 730050)

摘要: 甘肃一些火电厂的大型火电机组高压厂用电自动切换实现问题较多, 导致厂用负荷平稳转移困难, 大型辅机受损, 存在着厂用电事故扩大的隐患。从对发电设备的安全、可靠、经济、稳定运行的角度出发, 分析6kV BZT保护和回路设计接线存在的问题, 提出了相应解决方案, 以供商榷。

关键词: 6kV厂用电; BZT装置; 快速切换; 微型机; 改进

中图分类号: TM772

文献标识码: B

文章编号: 1003-4897(2000)12-0052-03

1 概述

大型火力发电机组的辅机必须持续、可靠地为机组正常发电提供充分的达标工质并维持正常工况。随着辅机大型化, 其电动机出力也不断提升, 而由于厂用系统切换引发的机组或辅机安全问题也就越来越突出。因此, 降低BZT装置及相关回路故障率, 实现快速并行切换, 也就是提高厂用电切换成功率, 最大可能限制厂用系统故障范围, 所以探讨如何最大限度保证厂用系统稳定、可靠的连续运行的问题, 也就是研究提高机组可用率和保障大型辅机安全的问题。下面, 我们将以甘肃靖远二期 $2 \times 300\text{MW}$ 火电机组厂用系统、甘肃西固二期 $2 \times 160\text{MW}$ 俄罗斯热电机组厂用系统、甘肃平凉一期 $2 \times 300\text{MW}$ 火电机组厂用系统调试过程和168h满负荷试运阶段厂用电切换中发现的问题为例, 分析并提出BZT保护和回路设计接线应改进的解决方案。

2 几种厂用电切换形式及BZT装置的性能对比

大型火电机组6kV厂用电一次系统典型接线如图1。需要说明的是, 西固二期无联络变, 公/启/备变及主变的高压侧在同一点接入110kV系统, 仅平凉一期6kV母线设置大分支开关(如01、02)。公/启/备变均为双卷变压器, 机组正常运行时处于热备用状态, 且一般可带一些次要厂用负荷。

厂用电正常切换多采用手动并联切换, 即在同期条件满足下, 闭锁BZT装置, 先合工作段开关, 再分备用段开关, 或由备用至工作而操作顺序相反。这种方式下, 工作电源和备用电源并列时间较长。通常公/启/备变和厂高变往往阻抗数值差异较大(如西固二期厂高变 $S_e = 40\text{MVA}$, $U_d\% = 15\%$; 公/启/备变 $S_e = 31.5\text{MVA}$, $U_d\% = 10.5\%$)。当二者由不同电源系统挂接(如联络变高压侧断路器断开运行等)时, 工作电源和备用电源将存在一定的初始相位差(西固二期二者之间存在近 20° 初始相位差), 这样在切换过程中变压器就会产生或大或小的环流, 导致变压器发热, 影响变压器运行。事故情况下, BZT投入, 自动由工作段向备用段切换, 典型方式有快速并行切换, 串行切换, 慢速残压切换三种形式。三种方式的优劣对比见表1。

3 厂用电切换过程中应注意的若干问题

随着大型机组的发展, 锅

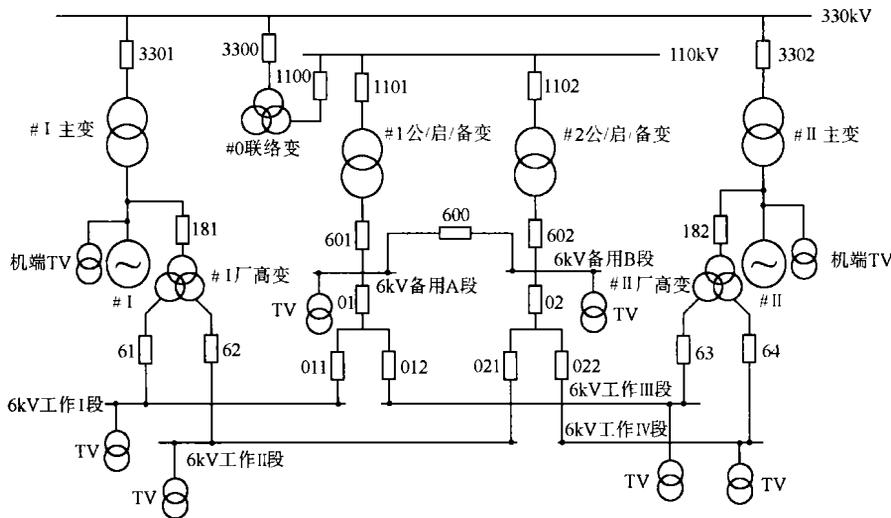


图1 大型机组6kV厂用电一次接线系统图典型模式

表1 BZT切换方式对比

切换方式	快速并行切换	串行切换	慢速低压切换
实现过程	发出合备用段脉冲的同时发出跳工作段脉冲	先跳开工作段,在未失去同步前提下,发出合备用段脉冲	先跳开工作段,当工作段电压衰减到安全值后,发出合备用段脉冲
切换总时间 T_q	设 $T_h > T_i$, $T_q = T_{BZT} + T_h$	设 T_{th} 为同步捕捉时间, $T_q = T_{BZT} + T_h + T_i + T_{th}$	设 T_{CY} 为残压衰减时间, $T_q = T_{BZT} + T_h + T_i + T_{CY}$
适用断路器	快速分合	快速分合	多数类型
设备断电时间 T_C	$T_C = T_h - T_i$	$T_C = T_h + T_{th}$	$T_C = T_h + T_{CY}$
特点	切换时间最短,最安全,但对断路器和BZT性能要求较高	快速切换后备,应使工作与备用电源初始角可能小,同步捕捉要求较高	快速切换后备,切换时间最长,辅机受冲击明显,厂用系统安全系数低

注: T_h :合闸时间; T_i :跳闸时间; T_q :切换时间; T_C :断电时间; T_{BZT} :BZT动作时间

炉、汽机辅机的高压电动机容量随之不断提高,如西固二期 160MW 机组,其给水泵电动机出力 4800kW,循环水泵电动机出力 630kW,送风机电动机出力 630kW,吸风机电动机出力 1000kW,而 300MW 机组相应电动机的额定功率更高。大容量电动机在断电后由于储存了可观的电磁能和机械能,将使 6kV 工作母线感应产生残压,由于电动机容量有高有低,电动机残压特性差异明显,彼此之间就要进行能量交换,造成某些电动机以感应发电机运行,致使残压衰减较慢且幅值较高,给厂用电源切换带来诸多问题。我们知道,电源电压和电动机残压之间的夹角

大小,决定了电动机受冲击的程度,接近于 0 时投入备用电源则电动机与电源之间的差压 U 最小,电动机几乎不受冲击,自启动容易;等于 180° 时重新接入电源,则 U 等于电源电压和残压的绝对值和,对电动机损害最严重,必须避免。据电动机残压特性曲线和电动机耐受冲击电流极限曲线^[1]可知,(差压与电动机额定电压之比 $U\% = 1.1/K$, K 值与电源和母线负荷的等值电抗有关),在厂用切换开始的 0.2s 内实现备用电源合闸是安全的,此时在 0°~80° 之间, $U\% < 0.7$,对电动机冲击较小,谓之“快速切换”,而在 0.3~0.5s 内切换是危险的,此时在 110°~230° 之间, $U\% > 0.8$,对电动机冲击明显,而电动机可能由于电磁应力作用使绕组变形,也可能由于机械惯能作用使机轴扭曲等导致损坏。当残压下降到电源电压 20%~40% 时投入备用电源也是安全的,谓之“慢速残压切换”。采用慢速切换还要满足公式 $t = t_1 + t_2$ (t_1 为相邻系统故障时间和高压电动机故障时保护动作时限)的关系,以躲过相邻

系统故障时间和高压电动机故障切除时间。一般厂用电源和电动机过流保护时限设为 0.5~1.5s (西固二期 6kV 工作段开关过流时限 0.5s),所以 BZT 延时切换时间大致在 1.5s 左右(西固二期 BZT 延时为 1.2s)。由此引发一个问题,切换时间过长 (>2s),首先电动机自启动时间增长(恢复到工作电压)容易使电动机发热,其次机、炉辅机转速已明显下降(西固二期设置 6kV 母线低电压保护动作 0.5s 后跳送风机、给水泵、磨煤机等),这时汽机油压、真空度下降,锅炉水压下降,炉膛负压有可能增高,风粉比有可能不正常,都将可能导致打闸、MFT 动作。

若采用快速切换,辅机断电时间短,备用电源和电动机差压 U 小,对电动机冲击弱,有利于机、炉工况的稳定运行,不至于影响机组出力。

4 调试中发现的 BZT 装置和厂用电切换问题

4.1 电磁型 BZT 易出现的问题

这类 BZT 由于是电磁型继电器组成,显而易见受机组振动干扰明显,在粉尘较多的环境里,继电器接点容易误动或拒动,长时间运行继电器容易老化,存在 BZT 整体性能降低,自投成功率下降的隐患,从而有可能使厂用故障范围扩大,加重损失。其中 BSI 为电磁型延时中间继电器,一般其时限是不可调。靖远二期 BZT 就是这种 BSI 继电器,延时时间为 0.6s。但是通过在机组大负荷运行(大约 180MW)时,模拟失磁保护动作延时跳开 6kV 工作段开关,录取残压波形分析得知低电压(70V)经过 310ms 左右延时后才下降到电源电压的 25% 附近。因此,满负荷时电源电压下降到允许慢速切换的残压定值(25V)的时间与备用段开关固有合闸时间之和已经大于 BSI 延时时间,导致 BZT 切换不成功。通过调整 BSI 电磁铁间隙,把延时延长到 0.8s,满足实现 BZT 成功切换的必要时间要求。同时可以看出,长期运行中 BSI 调节固定螺丝可能松动,时限会再次缩短。另外,电磁型 BZT 也不具备实现快速(并行、串行)切换的条件。

4.2 集成电路 BZT 出现的问题

集成电路 BZT 理论上具有串联切换和慢速切换功能。西固二期 BZT 定值见表 2。不难发现,如

此的定值配合关系,根本不能实现串联切换。因为,当工作段母线电压下降到30V时BZT还须经过1.2s延时才出口,而分析上述录取残压波形试验并结合第3节的理论分析可知,往往此时备用电源与工作段残压间 U 已经超出60V范围,同时残压已满足低于25V的要求,实际BZT自投成功是通过慢速切换途径完成的。为了实现快速串行切换,低电压定值设为50V,延时设为0.6s,只要避过0.3~0.5s的备用电源与残压第一次同相时间就可以了,这样就有可能在0.5s时限内满足差压60V的要求,即使不成功,在经过1.1s的延时后,残压也几乎下降到25V以下,可实现慢速切换。由于高压电动机的电磁效应,厂用工作段残压的幅值和频率是随着时间变化而变化的,对于集成电路型BZT来说不可能实时计算相位差和频差,同期捕捉实际不易实现,当其它条件都满足时,不可能确保每次自投实现快速串行切换。

表2

名称	低电压	差压	残压	启动延时	t_1	同期限时	t_2	闭锁延时	t_3
定值	30V	60V	25V		1.2s		0.5s		0.8s

4.3 由于设计原因导致的厂用电切换问题

平凉一期厂用一次系统接线如图1所示。设计中当合工作段开关(如61)时,BZT同时跳开备用段大分支开关(如01)、分支开关(如011),但若另一段分支开关(如012)运行,则会导致工作段失电,造成事故扩大。改变接线,使BZT仅跳开分支开关,而正常情况下大分支开关始终处于热备用。另外,在进行手动并联切换时,合备用段开关的同时BZT发出跳工作段开关脉冲(快速并行切换方式),若此时发生厂高变内部故障,在开关并列运行的短暂时刻相当于通过公/启/备变加大了故障电流,原设计工作段开关与分支开关过流时限相同(均为0.5s),如此人为扩大了故障点,现改分支过流时限为1s,使工作段开关由厂高变保护先行跳开,备用开关得以继续运行,避免了快速并行切换中存在事故范围扩大的隐患。

5 利用微机快切装置实现快速并行切换

从上面的分析可以看出,手动并联切换、延时串联切换、慢速残压切换都不利于厂用负荷平稳转移及厂用电连续运行,所以利用微机快切装置实现快速并行切换是比较理想的途径。据资料显示国外早已普遍实施快速切换方式,国内引进且运行成功的

有美国EBASCO,日本三菱,法国BBC等。根据《继电保护和自动装置设计技术规程》的规定,与高压厂用电快速切换装置配合的开关固有合闸时间应小于100ms。上述三个电厂的6kV电源开关都采用甘肃天水高压开关厂生产的真空断路器,根据厂家提供的出厂试验报告表明这一类型的开关固有分闸时间约在60~70ms之间,固有合闸时间约在90ms附近,属于快速分合断路器。实际上,快速切换的关键问题在于捕捉同期点的速度,必须争取在电源夹角未摆开前合上开关。利用CPU芯片能高效处理数据的特点,微机快切装置可以实现高速高精度实时跟踪测量工作电源与备用电源间的相差、频差,连续计算幅值变化速率,捕捉合闸时机,使合闸完成时差压 U 接近于零度。根据现场测试PZH-1A的结果表明,该装置具备快速捕捉同期点实现并行切换的能力,若不满足第一时刻同期,则自动进入同期捕捉阶段,实时计算最佳合闸时机,使电动机所受冲击电流最小。同时可以判别当两电源并列时间大于100ms时,将跳开最后合闸的开关,防止了对变压器的损坏或故障范围的扩大,并且可以设置工作与备用电源的初始相角,有利于同期捕捉。实测得知,在设低压启动延时为0的情况下,BZT固有动作时间 T_{BZT} 小于8ms(西固二期集成电路型的 T_{BZT} 实测在50ms左右)。

结合PZH-1A装置和真空开关的特点,设计了快速切换逻辑,快速串行切换逻辑。

应特别指明的是6kV无专用保护而其母线故障通过开关过流保护延时切除,且6kV系统大多不接地,禁止BZT切换,因为此时合上备用开关无疑会增大故障电流,人为扩大了故障范围;其次,当发-变组、厂高变主保护动作时,如差动保护、转子两点接地保护、重瓦斯保护、投跳闸的定子接地保护、失磁保护、投跳闸的过激磁保护等,禁止快速并行切换,改为快速串行切换,使厂用电系统与发-变组系统有可靠断点,防止短暂并列运行时由于故障电流增大而加重对电气主设备的损坏。再者当热工保护动作时,由于同时关闭主气门,所以不再联跳发-变组主开关,改由逆功率保护延时跳开主开关,这样通过设置适当的延时,有利于在主气门关闭过程中,维持机端电压,为快速并行切换检同期创造良好条件。

6 结论

微机快切装置和快速分合断路器配合,实现快速并行切换,能够简化切换操作并减少误操作,有利

于提高机、炉工况的稳定程度,提高机组安全运行和自动控制水平,提高大型火电机组的经济效益。但对于不同的机炉形式、蒸汽工况、辅机及电动机特性等,以及不同类型的厂用一次系统接线,切换允许最长时间肯定不同,要考虑如最佳快切时机、慢速切换时不要甩负荷、辅机转速恢复快慢、继电保护定值最佳配合等等因素,这些都应视现场具体情况取得第一手资料后确定。因此,对以最合适方式实现厂用电自动切换的问题,有必要进行更深入地探讨。

参考文献:

- [1] 西北电力设计院. 电力工程设计手册/电气二次部分

[M]. 中国电力出版社,1996.

- [2] 梁世康. 厂用电力系统保护[M]. 中国电力出版社, 1995.

收稿日期: 2000-05-02

作者简介: 刘峻(1972-),男,本科,工程师,主要从事继电保护的研究工作; 郑伟(1973-),男,本科,工程师,主要从事继电保护的研究工作。

Discussion on house-service power switching for high rate generation unit

LIU Jun, ZHENG Wei

(Gansu Power Test Institute, Lanzhou 730050, China)

Abstract: There are some problems in HV house - service power switching in high rate power thermal power generation unit in some power plants in Gansu, China. The problems have brought difficulty for stably transforming house - service load and damage for large sized auxiliary machine. It has possibility to extend the event in house - service power. In this paper, some problems in protection 6kVBZT and its circuit wiring are analyzed based on the security, reliability, economy and stable operation of generation equipment, and its solving scheme is proposed for discussion.

Keywords: 6kV house - service power; device BZT; fast switching; microprocessor based; improvement

(上接第 41 页)

参考文献:

- [1] 范明天,张祖平. 探讨国内实现配电自动化的一些基本问题. 中国电力, 1999,32(3):41~44.
[2] 厉吉文,李红梅,等. 配电系统自动化实施过程中的几点建议. 电网技术,1999,23(10):68~70.
[3] 王章启,潘思谦. 当前配电自动化建设中的几个问题.

电网技术,1999,23(10):65~67.

- [4] 苏宏勋,白菊花,等. 配电自动化浅析. 继电器, 1999, 27(4):34~37.

收稿日期: 2000-05-22

作者简介: 林育明(1972-),男,本科,主要从事电气一次、二次设计工作。

A design plan analysis on the switch power distribution automation

LIN Yu - ming

(Qingyuan Electric Power Bureau, Qingyuan 511500, China)

Abstract: The function and schemes of power distribution Automation system are analysed, and a design plan analysis on the switch power distribution automation is presented in this paper including the design idea and the realization method. The practice proved that the plan could satisfy the request of the switch power distribution automation system. The system possesses complete functions and could decrease investment, will be popular.

Keywords: power distribution automation; plan; design idea