

厂用电切换引起厂变过流保护误动作的分析

陈继武,王正风

(安徽电力试验研究所,安徽 合肥 230022)

摘要: 电厂厂用电切换过程中,常因合闸冲击电流过大而引起高备变过流保护动作造成的厂用电切换失败。此文就失败原因进行了详细的分析,指出失败的主要原因是合闸开关的合闸速度不够快及合闸相位不当造成冲击电流过大造成了高备变过流保护动作。由于快速合闸可以减小后续电流,这样不会对电气设备造成危害。因此建议采用快速开关以减小后续电流和过流保护加小延时的策略以保证切换成功。通过现场多次试验,取得了令人满意的结果。

关键词: 厂用电; 过流保护; 误动作; 压差; 初相

中图分类号: TM77 **文献标识码:** C **文章编号:** 1003-4897(2002)05-0052-03

1 前言

在电厂中为了保证发电机组的安全可靠运行,要求厂用电的供电系统具有很高的供电可靠性,大型发电机组的供电可靠性尤为重要。为此,厂用电总是设有备用电源及备用电源自投装置。典型的厂用电接线图可见图1所示:

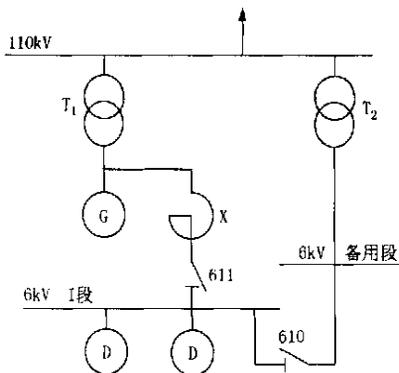


图1 某厂厂用电简单接线图

由图1,正常运行时,611开关闭合,厂用电6kV段母线由发电机直接供电,610开关断开,6kV备用母线处于备用状态。当工作状态的发电机发生故障时,第一台发电机的保护动作,611开关跳闸,经过一定的延时,备用电源投入,610开关闭合,继续向I段的母线供电,以提高供电的可靠性。

但是在实际切换中,备用电源的自投成功率比较低,这是由于在合闸瞬间冲击电流过大,大于备用电源变压器过流保护整定值,使过流保护动作,造成切换失败。这种现象在发电厂厂用电切换的过程中发生过多次。为了提高备用电源自投的成功率,发展了一套理论并做出了各种自投装置,对提高备用电源自投的成功率起到了很大作用,但是仍不尽人意。如

何解决这种问题,一直是人们关心的。

2 切换失败分析

2.1 切换种类

发电厂厂用电的切换方式有两种,一种是快速切换,另一种是慢速切换。快切是采用快速切换开关,在发生故障的瞬时,当备用电源电压大于 $70\% U_N$ 时,调整范围为 $70\% \sim 90\%$;频率小于一定值,调整范围是 $0.5 \sim 2\text{Hz}$;角差小于一定值,调整范围是 $-55^\circ \sim +55^\circ$ 。当上述条件满足时,装置发出合闸命令。当系统不能满足同期时,就需要慢切,慢切是指等待电动机的转速下降,待母线电压低于一定值($20\% \sim 50\% U_N$)时合闸。需要指出的是,慢切过程中,也可能由于切换时间的不对,造成变压器过流保护的误动作。

2.2 异步电动机失电母线残压分析

异步电动机在失去电源后由于机械和电磁惯性作用,母线上仍有很高的残压。异步电动机可用一个与转子绕组交链成正比的电动势表示,即次暂态电动势 E 表示。在母线失电前后瞬间 E 不变。随着机械能量及电磁惯性的衰减,母线残压 U_1 的变化如图2所示。其衰减特性与其失电前后的负荷和连接在同一条母线上的电动机有关。

由图2可见,合闸时间越快,其残压衰减的越小(图2为极坐标图, $U_{1(0)}$ 为失电前母线电压, $U_{1(t)}$ 为失电后随时间变化衰减的幅值)。因此,备用变压器母线电压和电动机残压的压差也越小,这样其合闸冲击电流也越小。

2.3 电动机等值阻抗

在一些参考文献中,一般认为母线电动机的等值阻抗为同步转速下电动机的阻抗。但在分析其母

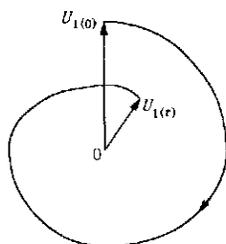


图2 异步电动机失去电源后母线残压变化波形

线失电后电动机的暂态过程时,应计及电动机转速的影响。电动机的等值阻抗可用式(1)表示:

$$Z = r_1 + c_1 \frac{r_2}{s} + j(x_1 + c_1 x_2) \quad (1)$$

式中, s 为转差率, r_1 、 r_2 为定子侧、转子侧折算到定子侧的电阻, x_1 、 x_m 为定子侧和转子侧折算到定子侧的电抗, $c_1 = 1 + x_1/x_m$, x_m 为激磁电抗。

由上式可见,异步电动机的等值阻抗和转速有关。即转速越高, s 越小,等值阻抗越大,这样,切换瞬间(指送电)的冲击电流及后续电流越小。电动机转速越低,相应的冲击电流及后续电流将越大。因此若合闸越快,异步电动机的转速也越高,这样合闸瞬间的冲击电流及后续电流越小。

2.4 自投后的冲击电流

厂用电切换瞬间对电动机而言是一个暂态过程,可以用相应的电动机的次暂态参数 \dot{E} 以及相应的次暂态电抗 x 作为定子交流分量的等值电动势和电抗。次暂态电动势在短路前后瞬间不变,其次暂态电抗的等值电路如图3所示(在此对(1)式进行了简化,认为失去电源瞬间, s 为1,同时认为 $x \gg r$),其中 x_r 为转子等值绕组漏抗。

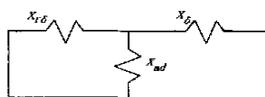


图3 异步电动机失电瞬间等值电路

启动瞬间,转子尚未转动,定子绕组电抗 x 的表达式可见(2)式:

$$x = x + \frac{x_r x_{ad}}{x_r + x_{ad}} \quad (2)$$

实际上, x 可直接由启动电流来求,可见下式:

$$x = x_{st} = 1 / I_{st} \quad (3)$$

式中, I_{st} 为启动电流标么值, x_{st} 为启动电抗标么值。

这样,异步电动机失去电源瞬间的次暂态电动势可用下式表示:

$$\dot{E}_0 = \dot{U}_0 - j\dot{I}_0 x \quad (4)$$

其变化过程可用下式表达为:

$$E = E_0 \sin(\omega t + a) e^{-t/T_a} \quad (5)$$

式中, a 表示失去电源瞬间的相位角, ω 为失去电源的频率,它不是一个常数,而是逐渐衰减的,这是由于异步电动机转速逐渐下降的原因。 T_a 为异步电动机的时间常数, $T_a = L/R$ 。

异步电动机失去电源后的暂态电流可用下式表达:

$$i_a = I_0 \sin(\omega t + a - \theta_0) e^{-t/T_a} \quad (6)$$

式中, θ_0 为回路阻抗角。由于异步电动机转子电阻相对于电抗较大,因此由(6)式可见,该交流电流衰减较快,与直流分量的时间常数差不多,数值约为百分之几秒。

合闸瞬间 \dot{U} 可用式(7)表达:

$$\dot{U} = \dot{U}_b - \dot{U}_1 = \dot{U}_b - \dot{E} \quad (7)$$

式中, \dot{U}_b 为备用电源的电压向量。

为了分析,将式(7)可写成下式:

$$u = U_b \sin(\omega t + a_1) - E_0 \sin(\omega t + a) e^{-t/T_a} \quad (8)$$

这样合闸时冲击电流可用下式表达:

$$i = \frac{U_b \sin(\omega t + a_1) - [E_0 \sin(\omega t + a) e^{-t/T_a} - U_b \sin(a_1 - a)] e^{-t/T_a}}{Z_d} \quad (9)$$

式中, t 表示由失电到重新合闸的时间, t 表示为合闸后的变化时间。由上(7)、(8)、(9)式可见,合闸冲击电流的大小不仅与合闸时刻、合闸初相角有关,更与 t 有关, t 越长, E 衰减越大; \dot{U} 压差越大,冲击电流 i 也越大。同时,从录波图可看出,合闸相角对冲击电流的第一个波峰影响较大,冲击电流中较稳定的电流大小主要由 \dot{U} 决定。如备变过流整定时限很短,则极易造成备用电自投不成功。

由图4~6可见,合闸越快,其冲击电流的后续电流越小,即使合闸在反相也不会对设备造成危害,这是因为在反相合闸时,仅仅其冲击电流的前半波比较大。

在切换过程中,由于备变过流保护的整定原则是按躲过低压侧负荷电动机自启动时的最大电流来确定,当切换时相位控制不好时,其冲击电流可能大于其整定值,造成了保护的误动作。这是造成厂用电切换不成功的缘由。

3 改进措施和策略

为了保证备自投的成功率,可采取以下的一些措施和方法:

1) 采用快速开关

在小机组上厂用电开关大多采用的是 SN 型的

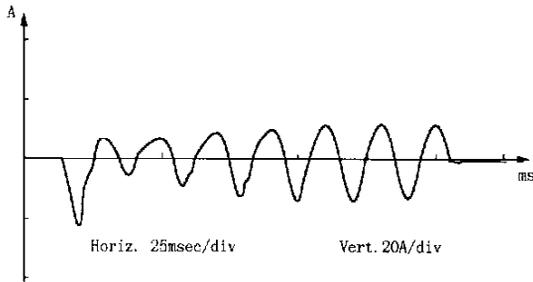


图4 切换合闸时间在 500ms 电流变化波形图

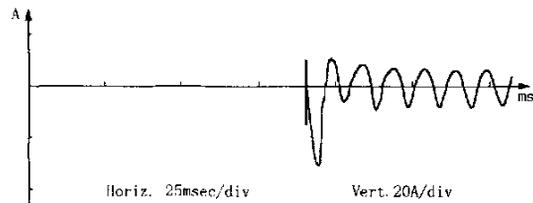


图5 切换合闸时间在 193ms 电流变化波形图(反相)

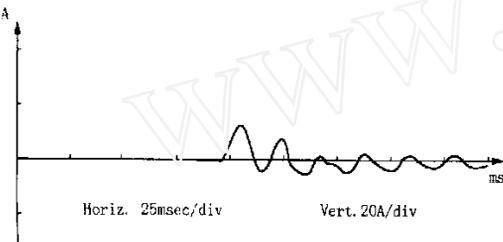


图6 切换合闸初相为 100ms 电流波形图

少油开关,合闸时间均在 100 ~ 200ms 之间,建议备投开关(图1中的610)尽可能采用时间短的开关。如真空开关,合闸时间在 40 ~ 50ms 之间。

2) 尽可能快地投上备用开关

由 2.2、2.3、2.4 论述可见,备用电源投入的越快,电动机转速下降的越小,合闸后的稳态电流越小;合闸越快,冲击电流越小,后续电流小。

3) 备变过流保护加延时

以前为了保证合闸成功,研究的重点主要放在母线残压和备用电源之间的差压和相位上。不管快切还是慢切,当合闸瞬间的差压初相角不合理时,备变均会发生速断过电流保护的误动作,而造成切换不成功。所以,应在过流速断加一定的延时。虽然在不合理的相位合闸时,冲击电流较大,但此时的暂态冲击电流是一个衰减急快的电流,第二波的峰值一般低于第一波峰值的一半。冲击电流的峰值只有半波,不会对电气设备造成危害(电气设备的热稳和动稳都和冲击电流持续时间有关,由上图可见后续冲击电流的波形很小)。因此只要将备变的过流保护加 100 ~ 200ms 的延时就可躲过这一冲击电流,保证备自投的成功。这样,对于发电机经系统和备变联接的机组切换时,对相角差的限制就可忽略。

采用本文的几点方法和策略后,对各发电厂的自投做的试验,合闸成功率接近 100%,取得了令人满意的效果。

参考文献:

- [1] 周鹤. 电机学[M]. 北京:中国电力出版社,1998,3.
- [2] 李光琦. 电力系统暂态分析[M]. 北京:中国电力出版社,1999,1.
- [3] 范锡普. 发电厂电气部分[M]. 北京:水利电力出版社,1995,11.
- [4] 贺家李,宋从矩. 电力系统继电保护原理[M]. 北京:中国电力出版社,1999,7.
- [5] 张玉春,贾俊英. 大机组特殊电网结构一些问题的探讨[J]. 华北电力技术,1999,18(3):27-29.
- [6] 姚子麟. 大型发电机组高压厂用电电源切换问题的探讨[J]. 浙江电力,1999,12(2):30-31.

收稿日期: 2001-09-29; 改回日期: 2001-10-30

作者简介: 陈继武(1945-),男,学士,高级工程师,从事系统励磁、谐波、继电保护和电能质量等研究工作; 王正风(1976-),男,硕士研究生,从事电网规划、无功优化和电力市场等研究工作。

Analysis on switching over station power which cause station transformer overcurrent protection maloperation

CHEN Ji-wu, WANG Zheng-feng

(AnHui Electrical Power Test and Research Institute, Hefei 230022, China)

Abstract: Switching over station power often cause station transformer overcurrent protection maloperation. This paper makes a detail analysis for it and propose that the dominate reason is switching over slowly and rush current over setting point which cause station transformer overcurrent protection maloperation. For these reasons, quickbreak switch and timing relay are suggested to adopt in this paper. These two means get the desiring result which is supported by experiment on spot.

Keywords: station power; overcurrent protection; maloperation; voltage diffence; pilot phase