

高压限流熔断器组合保护装置 作发电机短路保护的探讨

郭思君

(合肥凯立电子有限责任公司, 安徽 合肥 230088)

摘要: 通过对常用发电机端口附近的短路保护方法讨论, 分析其不足之处, 介绍一种新型的短路保护设备, 即高压限流熔断器组合保护装置, 并论述其原理、结构和特点, 阐述其应用范围及其今后的发展前景。

关键词: 限流熔断器; 氧化锌; 负荷开关; 预期电流; 截止电流

中图分类号: TM 51; TM 8

文献标识码: B

文章编号: 1001-2184(2000)增-0060-02

1 概述

随着用电量的不断增大, 电站的装机容量不断加大, 对电站运行的可靠性和经济性有了更高的要求, 进而对发电厂厂用电系统的短路保护提出了更高的要求。既要求断路器能切断正常负载, 又能在发生短路故障时可靠地排除短路故障, 同时, 还能承担控制和保护的双重任务。我国中小型发电机一直选用 SN 4-10 G (20 G) 型少油断路器, 它存在着合闸时间长、不适合频繁操作、体积大和维护量大等缺点。所以, 现在许多厂家较多地选用真空断路器, 但是, 无论是少油开关还是真空断路器, 都普遍存在着许多问题。

(1) 短路电流中的非周期分量很大, 当发电机端口发生故障时, 此时的短路电流由发电机提供, 由于发电机的 X/R (X 为发电机同步电抗, R 为发电机定子回路总电阻) 较大, 因此故障发生时短路电流的衰减时间常数较大, 造成几个周波内电流不过零, 即所谓的“失零”问题。由于交流电流开断是以电流过零时输入断口能量为零, 及燃弧时间尽量短为基础, “失零”现象严重恶化了断路器的工作条件, 导致开断灭弧困难。即使断路器能够开断短路电流, 它所提供的保护相对于故障发生的时刻有一定的滞后, 尤其是很多类型的交流断路器, 只能在电流过零时熄灭电弧, 达到分断故障的最终目的, 再加上继电保护所形成的时间差, 开断时间太长, 通常需要几个周波, 这样长的时间对某些电器设备已起不到应有的保护作用, 此时, 短路电流的峰值已经几次冲击发电机、断路器和变压器, 对发电机和断路器都有很大的电动力和热效应作用。所以, 断路器保护方式并不是

十分有效的, 几次重大事故就可能将一台造价数百万元的发电机损坏, 并可能引起断路器的爆炸。若短路故障发生在变压器进线端, 由于断路器不能快速切断短路电流, 长时间的短路电流产生的电弧能量将使变压器炸裂。

(2) 断路器正常工作时的额定电流很小, 而发生短路故障时的短路电流很大, 存在额定电流与短路电流相差过大的矛盾, 尤其是现代电力系统容量的不断增大, 短路电流值也不断上升, 强大的短路电流产生的电动力破坏性会更大, 断路器是按开断短路电流进行选择的, 设备、线路及断路器本身就必须设计有足够的热稳定、动稳定裕度, 因此设备的投资加大, 造价过高。有必要使用一种新型的电器设备, 使其在短路瞬时就能发现短路, 并且在短路电流还未达到预期最大值时就能切断短路电流, 避免被保护设备及开关电器本身受到极大的热冲击和电动力作用。所以, 在此推荐一种新型的短路保护设备, 即高压限流熔断器组合保护装置(简称为 FURN)。

2 基本结构和动作原理

FURN 主要由以下 3 部分组成: 限流熔断器; 高能氧化锌电阻; 负荷开关。利用三者之间有机的组合来代替断路器, 将集控制和保护为一体的断路器的两个功能分离, 各自发挥其作用。大的短路电流由快速熔断器开断, 而一般过载电流和额定电流由负荷开关开断, 利用高能氧化锌电阻的限压性和移能性实现快速灭弧以限制过电压。

(1) 限流熔断器: 限流熔断器与断路器相比有两个显著的优点, 即限流性和快速性。利用熔断器的快速性在第一个大半波内短路电流还未来得及上升就限制并强制性地切断短路电流($t_1 < 2 \text{ ms}$), 使电流达不到预期的短路电流峰值。如图 1 所示, 当短路电

流上升到 I_p 时, 熔断器熔断并截流, 截止电流 I_p 仅为预期电流峰值的 15% 左右。但是, 熔断器熔断时会产生弧压, 通常可能达到几十甚至上百个大气压。为了解决熔断器的操作过电压问题, 利用氧化锌电阻的非线性实现限压消能, 熔断器产生的弧压将电流逼入氧化锌电阻中快速衰减。每相熔断器装有一只撞针, 只要有一相熔断器动作, 撞针撞击负荷开关跳闸, 联动辅助开关发出信号去控制室, 并在屏面上显示动作信号。负荷开关动作作为无电开断, 延长了其检修周期和使用寿命, 同时避免了电器的缺相运行。

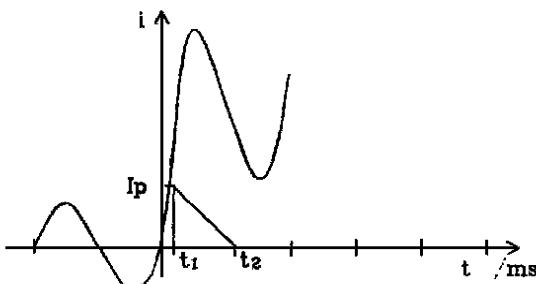


图 1 切断短路电流图

(2) 高能氧化锌电阻: 非线性电阻是一种具有非线性伏安特性并有抑制瞬时过电压作用的固态敏感元件, 当其端电压低于某一阀值时, 其中的电流几乎为零; 超过此阀值时, 其电流将随着端电压 U 的增大而急剧增加。利用氧化锌电阻良好的非线性, 可以把熔断器开断时产生的操作过电压限制在 2.5 倍相电压以内。同时氧化锌电阻的能量可以做到单片几十 kJ 甚至更大, 这样可以保证有足够的能力吸收对应截流电流衰减到零时系统中的磁场能量, 使熔断器壳体内几乎没有电弧能量, 减轻对熔断器壳体的压力, 使电器设备不再受到大电流的冲击, 同时在 t_1 到 t_2 时间内快速地将电流衰减到零, 使电源提供的能量最小。其非线性特性如图 2 所示, U_{1mA} 为直流 1 mA 参考电压, U_{100A} 为氧化锌阀片中流过 100 A 电流时的残压。通过氧化锌阀片精确的测量与选择, 合理的串联组合则可实现所需的残压与能量。

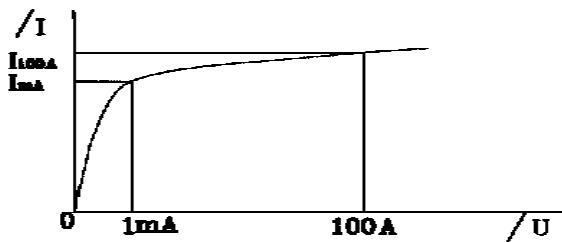


图 2 非线性特性图

(3) 负荷开关: 负荷开关是带有简单灭弧室装置的一种开关电器, 使用于交流 50 Hz 各种电压等级的电网中, 作为关合和开断负荷电流和过载电流用, 也可用作关合和开断空载长线、空载变压器和电容

器组等。与熔断器配合的负荷开关只要求能够开断额定电流和一般过载电流, 对关合短路电流及承受短路电流的动稳定性和热稳定性方面则无要求。这样负荷开关的体积可以做到远小于少油开关和真空断路器, 且价格很低。

FURN 的结构简单, 熔断器与高能氧化锌电阻并联, 安装在负荷开关的电源侧, 也可安装在负荷开关的馈电侧, 当不需要经常调换熔断器时, 宜采用前一种布置, 这样可以用熔断器保护负荷开关本身引起的短路事故。反之, 则宜采用后一种布置, 以便利用负荷开关兼作隔离开关的功能。整套装置安装在变压器高压侧, 或其他用电设备的进线端。安装原理图如图 3 所示, 虚线框内为 FURN 装置, FU 为限流熔断器, FR 为氧化锌电阻, K5、K6 为负荷开关。

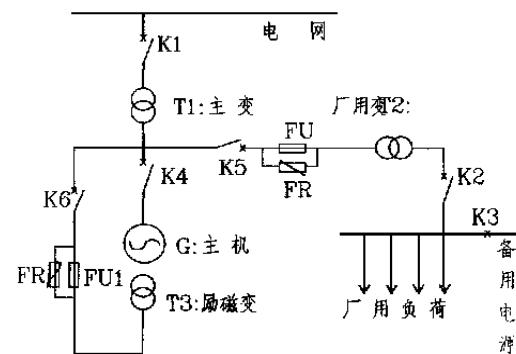


图 3 安装原理图

3 熔断器、氧化锌电阻及负荷开关参数的选择

熔断器 FU 参数选择的原则是, 除短路故障以外任何情况下不得动作, 在短路故障时尽快地限制并切除短路电流, 见图 4。根据 IEC 规范要求而推荐使用的组合曲线, 熔断器额定电流 I_n 大于变压器 I_N 的 40%, 即 $I_n > 1.4I_N$, 熔断器的安秒特性曲线 1 应位于变压器过载特性曲线 2 右侧 25% 左右, 这样就可以保证变压器在短时允许过载的情况下熔断器不误动作。另外, 国家标准规定变压器突然合闸时磁化冲击电流为满载电流的 10~12 倍, 允许持续时间为 0.1 s, 因此, 必须保证熔断器通过 12 倍变压器满载电流持续 0.1 s(曲线 4)并连续冲击 100 次无老化现象。

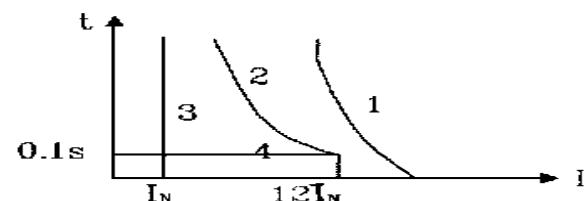


图 4 组合曲线图

按照上述要求选择的熔断器在厂用变压器发生
(下转第 69 页)

$$F_r = \frac{U_o(l - e^{-T})}{\sqrt{\frac{\rho_s - \rho}{\rho} g h_N}} < 0.45 \frac{h_N}{D} \quad (4)$$

式中 F_r 表示底部边界对射流的影响程度, 当 $F_r = 2.6$ 时; 射流不受边界影响, 当 $F_r = 3.8$ 时, 射流与环境水体的掺混则严重受到底部边界的影响。

7 结 论

脉冲式浮射流 连续性浮射流与环境水体的掺混有很大程度上的差别。射流的初始阶段, t 小于射流持续时间时, 脉冲式浮射流与连续性浮射流无差别, 但是, 当 $t > t$ 以后, 由于脉冲浮射流不再有动量的来源, 运动速度明显减慢。随 t 的减小, 运动速度减小的程度增加。

脉冲射流的前峰无量纲位置 $x_f/L_m, y_{top}/L_m$ 与脉冲射流持续时间 t 无关。这一特性和连续性射流相同。

底部边界对射流是否有影响主要与射流出口流速、持续时间、浮力加速 $\frac{\rho_s - \rho}{\rho}$ 及射流孔口离底边界的相对高度有关。方程(4)可初步作为射流不受边界影响的判别条件。

此项研究方法及初步成果为河底射流冲淤排沙研究工作奠定了基础。

参考文献:

- [1] Brooks, N. H. , 1980, Synthesis of Stratified flow phenomena for design of Outfalls, in Stratified Flow (eds T. Carstens and T. A. M c Climans), 809-831, Tapir Press, Trondheim, Norway.
- [2] Charlton, J. A. et al, 1987, Sea Water intrusion and purging in multiport sea outfalls, Proc Instn , Civil Engrs, 1983, 263-274
- [3] Dorling C , 1989, Performance monitoring and maintenance of long sea outfalls Proc Conf Drainage and Waste Management into the 1990's, 9-11, May 1989, Dundee UK 135-143
- [4] Fischer, H. B. , List, E. J. , Koh, R. C. Y. Imberger, and N. H. Brooks, 1979, Mixing in Inland and Coastal Waters, Academic Press, New York.
- [5] Lee, J. H. W. , and Neville-jones, P. , 1987, Sea outfall design prediction of initial dilution, Proc Instn Civil Engrs , Part 1, 82(Oct 1987), 981-994
- [6] Lee, J. H. W. and Cheung Y. K. (eds), 1991, Environmental Hydraulics, Vols I and II, Balkema, Rotterdam.
- [7] Davies, P. A. , M oter, L. A. and Hua, G X. 1992, Laboratory model studies of vertical buoyant jets in shallow cross flows, Proc Instn, Civil Engrs , Part2

作者简介:

- 喻国良(1964 年-), 男, 湖南长沙人, 四川大学水电学院研究员, 从事河流泥沙动力学研究。
敖汝庄(1957 年-), 女, 四川成都人, 四川大学高速水力学国家重点实验室工程师, 从事水力学及河流动力学研究。
廖内平(1965 年-), 男, 四川宜宾人, 国家电力公司西南电力设计院工程师, 从事火电厂水工工艺等设计工作

(上接第 61 页)

突然短路时, 其截断电流时间 t_1 与截止电流 I_p 均很小, 对发电机和变压器几乎无冲击。由实验得到的熔断器的截止电流特性曲线又称限流特性曲线, 从此特性曲线可得不同短路状况下不同预期电流所对应的截止电流值。熔断器另一条特性曲线称为 $I^2 t$ 特性曲线, 当预期电流增加到一定值时, $I^2 t$ 为一不变常数, 若用断路器来开断短路电流, 既使不考虑非周期分量, 其 $I^2 t$ 值也要比熔断器大几千甚至上万倍, 可见破坏力大得多。

高能氧化锌非线性电阻的选择原则是, 其残压值应当将熔断器开断时产生的操作过电压限制在 2.5 倍相电压以内, 并保证正常工作时氧化锌电阻不会误击穿, 同时必须有足够的能力吸收对应截止电流衰减到零时系统中的磁场能量, 并保证一定的能量裕度。负荷开关的选择只需考虑额定电压、额定电流, 结构上满足要求。

4 结 论

(1) FURN 的开断方式与断路器有本质的区别, 断路器一般需几个周波在短路电流过零时才能

开断; 而 FURN 则是在短路电流第一个半波未升起之前强制性的切断短路电流。

(2) 熔断器的快速性和限流性由物理特性所决定, 不存在机械拒动, 可靠性高。熔断器限流性使得主机、主变压器及断路器不再受峰值电流冲击, 延长了使用寿命。熔断器快速性使 $I^2 t$ 很小, 可确保厂用变压器不爆炸且母排连接无须考虑动热稳定问题。

(3) 负荷开关只用于开断额定电流和一般过载电流, 大大减轻了负荷开关的负担, 延长了使用寿命和检修周期。熔断器的撞击器可避免缺相运行, 其动作和备用电源联动, 主机可以不停机。

(4) 高能氧化锌电阻限制了操作过电压, 保护了设备的绝缘安全。

(5) 该装置结构简单、体积小、造价低。

参考文献:

- [1] 王季梅 高压限流熔断器[M] 西安: 交通大学出版社, 1991.
- [2] 王季梅 高压交流负荷开关[M] 北京: 机械工业出版社, 1997.

作者简介:

- 郭思君(1965 年-), 男, 安徽合肥人, 合肥凯立电子有限责任公司副总经理, 工程师, 主要从事电力系统大电流短路保护的开发与研究工作