

文章编号 :1007 - 649X(2000)04 - 0048 - 03

发电机断路器在中型水电站中的应用

刘晓兰¹, 刘晓梅²

(1. 郑州工业大学电气信息工程学院 河南 郑州 450002; 2. 黄河水利委员会勘测规划设计研究院 河南 郑州 450003)

摘要: 中小容量的发电机断路器在国内水电站中的应用研究目前尚属起步阶段, 是新的电气设计课题。以西霞院水电站设计为例, 对中型水电站发电机出口装设发电机断路器而非普通配电型断路器的必要性进行了探讨, 提出国产设备应尽快实现小型化、成套化的发展设想, 以增强与国外先进设备的竞争能力, 解决中型水电站地下式厂房电气设备布置空间紧张的突出矛盾, 从而使发电机断路器能够在国内中型水电站中得到推广应用。

关键词: 中型水电站; 中小容量; 发电机断路器

中图分类号: TM 561; TV 742 文献标识码: A

0 引言

发电机断路器(以下简称 GCB), 作为在最苛刻开断条件下的大电流、大容量、价格昂贵的中压断路器, 在大型水电站中的应用已较为成熟和广泛, 但在中型水电站中, 由于认识不足, 再加上场地布置和经济方面的考虑, 发电机出口采取装设 GCB 的设计方案极为少见, 大多以普通配电型断路器替代, 使机组长期安全运行存在潜在危险。如今随着中小容量 GCB 制造技术的发展, GCB 在中型水电站中的应用与研究已逐步提到议事日程。小浪底反调节水库西霞院电站是一个中型水电站, 其发电机出口采用了 GCB 设计方案。本文以此为例, 对中型水电站发电机出口装设 GCB 的必要性进行了探讨, 并对中小容量 GCB 在国内的应用和发展谈一些个人见解。

1 西霞院水电站电气主接线设计

西霞院水电站装设 6 台轴流式水轮发电机组, 单机容量为 35 MW, 总装机容量为 210 MW, 距洛阳地区负荷中心仅 33 km, 在系统中的作用主要是满足反调节发电的基础上参与系统调峰运行。电站以 220 kV 电压等级接入系统, 220 kV 出线 2 回。借鉴国内同等类型水电站的设计经验, 经

过多个方案的综合比较, 最终推荐发电机 - 变压器组合采用二机一变扩大单元接线, 220 kV 升压侧采用双母线接线的方案, 其主接线如图 1 所示。

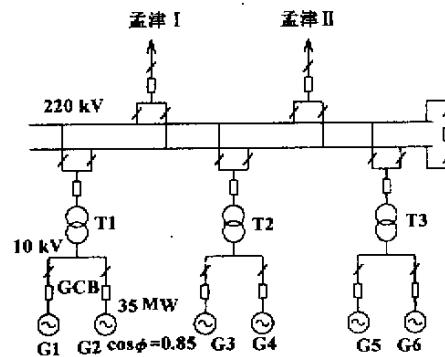


图 1 西霞院水电站电气主接线简图

2 发电机出口装设 GCB 的问题探讨

2.1 发电机出口断路器的技术性能比较

发电机 - 变压器组合采用扩大单元接线, 每台发电机出口必须加装断路器。西霞院水电站 35 MW 发电机出口回路持续工作电流为 2358 A, 三相短路电流计算结果为 36.4 kA。

根据 35 MW 机组对装在发电机出口断路器的典型要求, 现将 GCB 与普通配电型断路器的有关技术性能列表如下。

收稿日期 2000-05-17; 修订日期 2000-06-30

作者简介 刘晓兰(1970-), 女, 河南省郑州市人, 郑州工业大学讲师, 硕士, 主要从事自动控制方面的研究。

表1 GCB与普通配电型断路器的性能比较表

技术参数	GCB	普通配电型断路器
适用标准	GB/T14824 DL427-91 IEEE C37.013-1993	GB 1984-89 IEC56
对地和相间 1min 工频耐压有效值/kV	42	42
断口间 1min 工频耐压有效值/kV	50	-
额定电流/A	最小 4000	最大 4000~5000
额定短路开断电流交流分量有效值/kA	最小 63	最大 40~50
额定短路开断电流直流分量/%	≥60	≤50
额定峰值耐受电流/kA	125	≤100
额定失步对称开断电流直流分量/%	≤20	-
额定失步非对称开断电流直流分量/%	60	-
预期瞬态恢复电压上升陡度(kV/μs)	≥1.6~2.2(最大可达 6)	<1
预期瞬态恢复电压幅值	≥1.84U(> 1.05 √3 U)	1.05 √3 U
相间同期性/ms	≤5	≥5
电气寿命(额定负荷(2000 A)开合次数)	≥2000	2000

2.2 GCB 的性能优势

(1) GCB 是发电机出口专用断路器 , 它是针对发电机出口回路的特殊技术要求而设计的 , 与普通配电型断路器相比 , 具有极强的开断短路电流直流分量的能力和失步开断的能力 , 很高的机械和电气操作寿命 , 其三相联动操作机构能提供安全的同步操作 . 应用 GCB 还可以减小升压变压器的故障平均恢复时间和发电机的故障平均恢复时间 , 使电厂的可用率增加 , 从而提高电厂的盈利 . 尤其是 GCB 开断发电机出口延迟过零短路电流的能力 , 是普通配电型断路器所不具备的 .

(2) 本电站发电机电压设备均集中布置在主厂房下游侧狭长的副厂房内 场地紧张 希望出口断路器体积小并能与其他发电机电压成套柜并排布置 . 目前 , 国产 10 kV 真空开关柜已具有开断短路电流交流分量有效值 50 kA 的分断能力 , 但这种普通配电断路器并非针对发电机回路的特点而设计 , 其对短路电流直流分量的分断能力较低 .

每一种交流断路器的开断都须要有一个电流过零点 , 电弧会在电流过零点自动地分开 . 在某些条件下 , 来自发电机的短路电流可能具有 100 ms 或更长的延时电流零点 . 在发电机空载状态下 , 如果短路发生在电压最低状态 , 那么就会出现具有直流分量的非对称短路电流 , 尤其是故障前 , 当发电机在欠励磁状态下且具有超前功率因数时出现最高非对称值 , 在此条件下 , 短路电流的直流分量将高于对称分量 , 并一直保持到延时电流零点 . 图 2 为发电机源馈电故障时短路电流的波形图 .

从图 2 可以看出 , 短路电流的交流分量和直流分量的衰减规律不同 , 交流分量随着发电机短路次暂态和暂态时间常数 T_d'' , T_d' , T_q'' , T_q' 按指

数递减 , 直流分量随着短路时间常数 $T_a = X_d'' / (2\pi f R_a)$ (其中 : X_d'' 为直轴次暂态电抗 ; R_a 为电枢电阻) 按指数规律衰减^[1] . 根据发电机不同尺寸和设计结构 , 这些时间常数值变化很大 , 当短路电流的交流分量比直流分量衰减得快时 , 在某段时间内就产生了延时电流零点 . 小容量发电机因电感与电阻的比值小 , 短路时间常数小 , 直流分量衰减很快 , 短路一般经数十毫秒即通过零点 , 灭弧较易 . 而 35 MW 发电机短路时间常数 T_a 较大 , 超过 150 ms , 直流分量衰减慢 , 短路电流有经数百毫秒也不通过零点的情况 . 若发电机出口选用常规配电断路器 , 断路器动作切断短路故障时会产生异常过电压 , 灭弧不易 , 而需选用 GCB , 以利用断路器触头分离产生较高的电弧电压 , 来增大与 R_a 相串联的电弧电阻 , 使短路电流直流分量快速衰减 , 从而产生电流零点 . 在这方面 , 具有磁场旋转电弧 , 自动增压技术的 SF₆ 型 GCB , 因其电弧电压与电弧电流成反比 , 能在触头分离后一个周波内强制电流过零而占有更大的优势 .

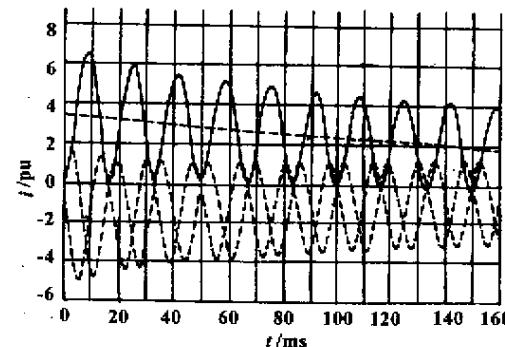


图 2 发电机源馈电故障时的短路电流波形图

(3) GCB 除了适用于开断不过零的电流外 ,

还具有极高的绝缘水平,极强的开断小电感和小电容电流的能力等,其保护发电机和主变压器的功效是普通配电型断路器所不可取代的。近几年来已有一些小水电机组相继选用了成套的普通配电型真空断路器柜替代,虽然这些用户装设了过电压保护装置(有些用户甚至仅在真空断路器的两侧配置了氧化锌避雷器^[2]),但从长期看却存在着隐患。一是新机组刚投运时绝缘水平相对较高,绝缘尚能配合,而机组绝缘水平随着运行时间增加在逐步下降,绝缘配合就成了问题;二是普通配电型断路器的性能毕竟与发电机出口专用断路器的性能要求相差较大,难以胜任苛刻的使用条件,故存在着随机性损坏机组的可能。

综上所述,西霞院水电站发电机容量虽然不大,但发电机出口加装 GCB 而非常规配电断路器在技术上是极其必要的。

2.3 中小容量 GCB 在国内的应用

大容量的 GCB 在国内外大型电站中已得到广泛应用,其中以瑞士 ABB、法国阿尔斯通、日本三菱的 SF₆ 型和德国西门子的真空型最具有代表性,国内也已有沈高的 LN-18 型产品。对于中小容量的 GCB,真空型产品因价格低廉、结构简单、维护容易、体积小而占有一定的优势,如德国西门子的 3AF2288 真空型 GCB,电压 17.5 kV、额定电流 4000 A、额定开断电流 63 kA、额定峰值耐受电流 160 kA,在尺寸和价格上都与普通配电型断路器差不太多,但是与 SF₆ 型 GCB 相比,其缺点是需

另配备过电压保护装置,开断容量及载流量受到限制。据了解,目前国内已具有开发先进水平新产品的实力,希望能早日研制出价廉质优的国产中小容量的 GCB。这种产品的尺寸应与通常的中压柜相仿,并能组合入成套柜中,以满足中型水电站地下式厂房电气设备布置的需要。

3 结论和展望

(1) 中型水电站发电机 - 变压器组合若采用扩大单元接线,每台发电机出口必须加装断路器。

(2) 中型水电站发电机出口虽然短路电流不太大,如西霞院 35 MW 发电机组出口三相短路电流计算结果仅为 36.4 kA,但因其所处位置的重要性和对断路器的特殊要求,有装设 GCB 的必要性。国内一些中小水电机组选择采用普通配电型断路器替代的作法,给机组长期安全运行埋下隐患。

(3) 希望能早日研制出质优价廉的国产中小容量的 GCB 成套柜,以适应中型水电站发电机电压设备选型和布置的需要。

参考文献:

- [1] C 37.013 - 1993, IEEE Standard for AC High - Voltage Generator Circuit Breakers Rated on a Symmetrical Current Basis (ANSI [S]).
- [2] 沈文兰 李本 李建国.研究国产发电机断路器的主攻方向[J].水电电气,1999(4):8-11.

Application of Generator Circuit Breakers in Middle - scale Hydroelectric Power Stations

LIU Xiao-lan¹, LIU Xiao-mei²

(1. College of Electrical & Information Engineering Zhengzhou University of Technology Zhengzhou 450002 China; 2. Reconnaissance , Planning ,Design & Research Institute ,Yellow River Conservancy Commission Zhengzhou 450003 ,China)

Abstract Now in domestic hydroelectric power station, the study on application of small - or middle - capacity GCB is still in its beginning stage. It is a new subject of electrical design for us. This paper takes the main single line design of Xixiayuan hydroelectric power station as an example, to discuss the necessity that GCB, but not the conventional distribution - type breaker should be used for the outlet of generator. The author gives some ideas therein that the domestic equipment should be realized smallization and complete - settization as soon as possible to compete with the foreign equipment, finally and effectively, to solve the outstanding contradiction of electrical equipment arrangement in narrow space of underground - type powerhouse of middle - scale hydroelectric power station, so that the GCB can be popularized and applied to the domestic middle - scale hydroelectric power station gradually.

Key words 中型水电站; 小型和中型容量; GCB