

500 kV 变电站直流系统负荷分配对保护装置的影响

陈志军

(苏州供电公司,江苏 苏州 215004)

摘要: 介绍了典型的变电站站用电直流系统接线方案、其特殊运行方式及所带负荷,并重点分析了在一段直流母线失电条件下,系统出现故障情况时,直流负荷的不同分配方案下所产生的不同后果,最后提出了一些和传统方案不同的见解,进一步提高了直流系统的稳定性和可靠性。

关键词: 变电站; 站用电; 直流系统; 负荷分配

中图分类号: TM714, TM711

文献标识码: B

文章编号: 1003-4897(2006)07-0074-04

0 引言

变电站直流系统提供保护、信号、控制、自动化装置、事故照明等装置的用电,在变电站中具有举足轻重的地位。直流系统故障后,一旦电网出现异常,将可能产生灾难性的后果。因此,变电站设计要求直流系统具有高度的稳定性和可靠性。但是,大部分的设计工作者把重心放在了直流系统本身的稳定性和可靠性上,而忽略了直流负荷分配的重要性。所以,尽管在变电站直流系统设计中采用分段母线运行,并在每段直流母线配置蓄电池组,但并非无懈可击。本文以典型的 500 kV 变电站为例,分析了变电站直流负荷在直流系统两段母线上分配情况不同时,在一段直流母线故障短时难以恢复的情况下,线路发生故障后线路、开关保护的不同动作过程,并比较了由此产生的不同后果。

1 典型 500 kV 变电所直流系统分析

典型的 500 kV 变电站直流系统一般采用单母线分段接线,两段直流母线相对独立,正常运行方式下分列运行。图 1 为某 500 kV 变电站 110 V 直流系统接线图,该直流系统配备三台充电机、两组蓄电池组,并配备有两套绝缘检测装置。两组蓄电池经联络开关 3DK、4DK 接入两组母线,但两组蓄电池间不可能并列运行。不易看出,接线中两段直流母线的供电可靠性相同,直流负荷可以均匀的分配在两段母线上。

正常运行下, #1、#2 充电机分别对 I、II 段直流母线充电,而 #0 充电机备用状态;当 #1 (或 #2) 充电机故障时,由 #0 充电机通过 7DK 开关对故障充电机所在母线蓄电池组充电,两段直流母线仍保持分列

运行; #1 (或 #2) 和 #0 充电机同时故障时,可以通过 4DK (或 3DK) 切换开关将两段母线并列,由 #2 (或 #1) 充电机带 #1 蓄电池组 (或 #2 蓄电池组) 供 I、II 段直流母线,此时有一组蓄电池组退出运行;当 #1、#2 充电机均故障时,视蓄电池组的容量,定时将 #0 充电机 7DK 轮流切至“到 #1 电池组”、“到 #2 蓄电池组”位置,轮流对两段母线充电;当所有充电机均故障 (比如站内交流失电) 时,也可以通过蓄电池组短时间内提供连续、稳定的直流电源;当任何一组蓄电池组故障或检修时,也可以通过并列保持两组母线稳定运行。

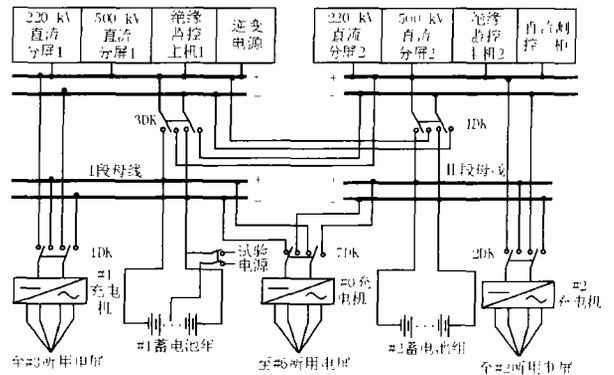


图 1 某 500 kV 变电站 110 V 直流系统接线图

Fig 1 110 V DC system connection of a 500 kV substation

可见,该直流系统供电运行相当可靠,在上面分析的各种异常情况下,都能提供连续的、稳定的直流电源。即使在三台充电机都不能正常工作的情况下,也能保证几个小时的稳定运行,为抢修赢得时间。

但是,如果故障发生直流母线上,故障段直流母线可能难以在短时间内恢复,此时接在该段母线上的装置可能会较长时间失去电源而停止工作。本文

就是分析在这种情况下,一旦电网出现故障,保护在两段直流母线上分配情况不同所带来的不同后果。

2 500 kV 变电所直流负荷分析

变电站直流系统上的负荷主要包括保护装置、开关控制回路、监控自动化装置、逆变电源、GPS装置、故障录波器等。其中,监控自动化装置、GPS装置等都采用双路电源,分别接于两段直流母线上,任何一路失电,另一路将自动投入,不会影响其正常工作;逆变电源主要在站内交流失去工作的情况下发挥作用,同时失去交流和直流的概率比较小,而且即使直流失去,逆变装置停止工作也不会造成太大的影响;故障录波器等装置主要记录系统故障前后的状态变化,它停止工作也不会直接对系统产生影响。对单套保护装置而言,它都是单电源的,现在主要就是要分析一段直流母线发生故障失电对保护装置的影响。

根据国家电网公司《防止电力生产重大事故的二十五项重点要求》,220 kV 联络线和 500 kV 线路保护都是按保护双重化原则配置。双重化原则中重要的一条就是每条线路都有独立的两套主保护和后备保护,而每套保护装置分别起动一组跳闸线圈跳闸。所以,每个断路器有两组独立的跳闸线圈,而且两组跳闸线圈分别要求使用独立的两组直流电源。不过,合闸回路只有一个,而且包括重合闸、手动合闸等都共用一个合闸回路,现在一般都接在直流段母线上;同样,手动合闸回路一般也只接入直流段母线上。

假设变电站有一段 110 V 直流母线发生接地,此时由于保护的双重化配置,虽然一套保护直流失电,但对另一套保护没有影响,线路此时发生故障时,依然还有一组跳闸线圈可以跳闸,故障可以切除。但由于大部分 220 kV 及以上电压等级线路都启用了重合闸功能,并且合闸线圈只有一组,那么可能会对重合闸动作产生影响,并最终影响保护的整个动作过程,乃至最终影响系统运行。

对 35 kV 保护装置,一般仅配置一套保护装置,且没有采用重合闸功能,他们分别接在两段母线上所产生故障的概率是相等的,故不在我们的分析之列。

3 直流系统负荷分配不同影响分析

大部分 500 kV 变电站中,220 kV 部分一般采用双母线接线,而 500 kV 部分一般都采用 3/2 接线

方式。接线方式不同,保护的配置方法就会有很大的差异,由此产生的结果也会有差异,因此把它们分开进行讨论。在下面的讨论中,如无特别说明,都认为断路器的合闸线圈接于直流段母线上。

3.1 对双母线接线方式 220 kV 线路的影响

对于采用双母线接线的线路,开关重合闸一般随线路保护配置。但是为防止在两套重合闸都投入的情况下,可能造成断路器短时间内出现两次重合,一般都只投入一套保护的重合闸,但把两套保护的重合闸启动回路并列。参照习惯,将接于直流段母线上的线路保护装置称为线路保护,而将接于直流段母线上的保护装置称为线路保护。

下面以采用单相重合闸的线路为例,来比较一下使用哪一套保护装置上的重合闸,在有一段直流母线故障失电情况下,发生线路单相接地故障时,保护的動作情况的不同。

3.1.1 使用线路保护上的重合闸功能

如果使用的是线路保护上的重合闸功能,先比较一下两段母线分别失电时的不同结果。

直流段母线失电时,如果线路发生单相接地故障,线路保护失去直流,保护失去作用,不会动作;但线路保护将正确动作,发出单跳命令跳开故障相,并同时启动重合闸。由于重合闸装置接在直流段母线上,重合闸装置根本不会发出重合闸命令,线路将缺相运行。

在缺相运行情况下,如果开关配置三相不一致保护,将导致开关三相跳开;即使没有保护将开关三相跳开,值班员发现开关缺相运行的情况,在不能将开关三相均合上的情况下,也将手动拉开缺相运行开关。因为线路缺相运行,虽然不会产生危险的大电流,但负序电流的出现对发电机转子有危害,零序电流对输电线附近的通讯线路有干扰,而且负序和零序电流可能会引起某些继电器保护误动作。那么,此时无论故障是瞬间还是永久性的,产生的结果都是线路退出运行。

可见,重合闸装置不能正确动作,一方面导致线路短时缺相运行;另一方面,在线路出现瞬间故障时跳开开关三相,扩大了事故影响的范围。

直流段母线失电时,如果线路发生单相接地故障,此时虽然线路保护失去直流,不能正常工作,但线路保护、重合闸装置、合闸回路都能正常工作,保护将正确完整地单跳、重合全过程,瞬间故障将重合成功;永久性故障重合不成开关三跳。整个动作过程将准确无误。

3.1.2 使用线路保护上的重合闸功能

再看一下如果使用线路保护上的重合闸功能,同样情况下保护的動作情况。

当直流段母线失电时,线路保护失去直流,停止工作,不会动作;这时虽然线路保护、重合闸

装置能正确动作,发出合闸命令,但是由于合闸线圈失去直流,跳开的开关不会合闸,线路将缺相运行。

当直流段母线失电时,虽然线路保护、合闸回路都完好,但是由于重合闸装置失电,不会发出重合闸命令,重合闸仍然会失败,开关仍将缺相运行。

表 1 双母线接线方式下分析结果比较

Tab 1 Analysis results comparison with double-bus connection modes

使用条件	瞬时单相接地故障 (单重)	永久单相接地故障 (单重)	瞬时单相接地 故障(三重)	永久单相接地 故障(三重)
用线路保护上重合闸功能	直流段 母线失电	开关缺相运行;开关 三跳;扩大事故范围	开关缺相运行;开关三 跳;没扩大事故范围	开关三跳;扩大 事故范围
	直流段 母线失电	正确动作	正确动作	正确动作
用线路保护上重合闸功能	直流段 母线失电	开关缺相运行;开关 三跳;扩大事故范围	开关缺相运行;开关三 跳;没扩大事故范围	开关三跳;扩大 事故范围
	直流段 母线失电	正确动作	正确动作	正确动作

表 1 列出了重合闸装置分别位于两段直流母线上时,在一段直流母线分别失电情况下,线路发生单相接地故障时,重合闸装置动作情况产生的不同结果。这里只考虑了线路采用单相重合闸和三相一次重合闸两种情况。从表中结果可以看出,当重合闸装置与合闸回路接于同一直流母线上时,当另一直流母线发生失电时,重合闸装置可以正确动作;而当重合闸装置与合闸回路接于不同直流母线上时,无论哪一条直流母线失电,重合闸装置都不能成功动作,并产生不利影响。

3.2 对 3/2 接线方式 500 kV 线路的影响

对于采用 3/2 接线方式的线路,比如大部分 500 kV 线路,其开关保护、线路保护分开配置。线路保护采用双重化配置,但是开关保护只有一套独立的装置,具备重合闸和失灵保护的功能。通过下面的分析可以看出,同样情况下如果合闸线圈接于直流段母线上,那么具备重合闸功能的开关保护接在使用哪一段直流母线电源也比较重要。

仍以保护使用的是单相重合闸方式进行讨论。由于每条 3/2 接线的线路有两个开关,并且两个开关重合闸之间可能有配合关系;当两个开关的重合闸动作同时失败时,线路将缺相运行。下面分三种情况进行分析:

3.2.1 线路两个开关的保护装置均接于直流段母线上

当直流段母线失电时,线路发生单相故障时,此时线路保护虽然能正确动作,单跳跳开故障相,并启动重合闸,但是由于开关保护、合闸回路均失

电,开关不会重合,开关、线路将缺相运行,直至保护动作或手动操作,跳开开关三相;

当直流段母线失电时,由于线路保护的双重化配置,开关将正确动作:瞬间故障,开关单跳,并重合成功;永久性故障,重合不成,开关三跳。

3.2.2 线路两个开关的保护装置均接于直流段母线上

当直流段母线失电,线路发生单相故障时,此时线路保护、开关保护虽然都能正确动作,单跳故障相,启动重合闸,并发出合闸命令,但由于合闸回路失电,开关将不会重合,开关、线路将缺相运行一段时间,直至保护动作或手动跳开开关三相;

同样情况下当直流段母线失电时,只有线路保护能正确动作,并且合闸回路完好,但由于开关保护失电,不会发出合闸命令,开关、线路依旧将缺相运行,直至保护动作或手动跳开开关三相。

3.2.3 两个开关保护分开接于两段直流母线上

当直流段母线失电,线路发生单相故障时,此时线路保护正确动作,单跳故障相,并启动两个开关的重合闸。由于合闸回路直流失电,开关不会合闸,线路、开关将缺相运行,直至保护动作或手动操作,跳开开关三相;

当直流段母线失电时,线路发生单相故障,这时分两种情况:如果两个开关之间没有重合闸优先回路,那么有一个开关的重合闸会正确动作,线路将由一个开关接入系统运行,而另一开关将缺相运行,由保护动作或手动拉开开关三相;如果开关重合闸之间有优先回路,而主开关(边开关)保护接在直流

段母线上,将可能导致两个开关的重合闸都动作 事故范围。
失败,而使得线路缺相运行,并最终退出运行,扩大

表 2 3/2接线方式下分析结果比较

Tab 2 Analysis results comparison with 3/2 connection mode

使用条件		瞬时单相接地故障 (无优先回路)	永久单相接地故障 (无优先回路)	瞬时单相接地故障 (有优先回路)	永久单相接地故障 (有优先回路)
两个开关 保护均接 于直流 段母线上	直流 段 母线失电	开关、线路缺相运行; 开关三跳,线路退出 运行;扩大事故范围	开关、线路缺相运行; 开关三跳,线路退出 运行;没扩大事故	开关、线路缺相运行; 开关三跳,线路退出运 行;扩大事故范围	开关、线路缺相运行; 开关三跳,线路退出运 行;没扩大事故
	直流 段 母线失电	正确动作	正确动作	正确动作	正确动作
两个开关 保护均接 于直流 段母线上	直流 段 母线失电	开关、线路缺相运 行;开关三跳,线路 退出运行;扩大 事故范围	开关、线路缺相 运行;开关三跳,线 路退出运行;没扩 大事故	开关、线路缺相运 行;开关三跳,线路 退出运行;扩大事 故范围	开关、线路缺相运 行;开关三跳,线路 退出运行;没扩大 事故
	直流 段 母线失电	一个开关正确动作, 线路依旧运行;另一 开关短时缺相运行, 并最终三相跳开;扩 大事故范围。	一个开关保护正确动 作,单跳、重合于故障, 并跳开两个开关三相, 线路退出运行。	如果主开关在直流 段母线上,那么一个开 关正确动作,线路依旧 运行;另一开关短时 缺相运行,并最终三 相跳开;否则会导致 开关、线路缺相运行, 开关三跳,线路退出 运行,扩大事故。	如果主开关在直流 段母线上,那么保护 会正确动作,跳开线路; 否则会导致开关、线路 短时缺相运行,最终开 关均三跳,线路退出 运行,但没有扩大事故。

表 2 给出了两个开关的保护装置在两条直流母线上分布不同的情况下,在一段直流母线失电时,线路发生单相接地故障后,重合闸装置动作情况产生的不同后果。这里只考虑了开关采用单相重合闸的情况。从表中可以看出,当两个开关保护与合闸回路接于同一直流母线上时,如果直流 段母线失电,保护可以准确动作;如果两个开关保护和合闸回路都接在不同的直流母线上,无论哪条母线失电,保护都不能正确动作;在两个开关分别接于两段直流母线的情况下,如果开关之间没有重合闸优先回路,在直流 段母线失电时,线路依然可以在单相瞬间故障时重合成功并恢复运行,但另一开关将三跳;而开关之间如果有重合闸优先回路,而优先合闸的开关保护又和合闸回路位于不同的直流母线上时,保护也可能不会正确动作。

4 结论和建议

通过上面的分析可以看出,保护装置,特别是开关重合闸装置在直流母线上的配置情况对线路保护的动作用会产生严重的影响,所以在重视直流系统接线方式设计的同时,不能忽视合理的配置直流母线上的负荷。

为了更加完善直流系统,尽可能减少直流系统

异常情况下对保护装置产生不良影响,有以下建议以供商榷:

- 1) 增加重合闸装置失电、合闸回路失电闭锁保护重合闸的逻辑,减少开关缺相运行对系统的不良影响;
- 2) 对于采用保护装置重合闸功能的线路,比如双母线接线方式下的 220 kV 线路保护装置,将其合闸线圈和使用重合闸功能的保护装置接在同一段直流母线上,以增加重合闸装置动作的成功率;
- 3) 对 3/2 接线线路,具有重合闸的开关尽可能和合闸回路接在同一段直流母线上。如果这样不能实现直流母线的负荷均匀分布,那么把同一线路的两个开关错开分布在两段母线上,此时要特别注意的是,对于具有重合闸优先回路的开关保护,应尽量把主开关(即优先合闸的开关)与合闸回路接在同一段直流母线上;对于没有重合闸优先回路的,应尽量把短时重合的开关保护与合闸回路接于同一段直流母线;
- 4) 现今大部分变电站开关的手动分闸(远方操作)所用的都是第一组跳闸线圈。一旦出现上面描述的直流 段母线失电情况出现,而开关出现非全相运行时,如果没有保护跳开开关,手动也无法分开

(下转第 82 页 continued on page 82)

嵌入式操作系统的情况下,上层管理系统(如SAS系统)可以通过以太网接口,实现宽带高速通讯。

2.3.2 该微机保护配置的不足

1)由于硬件采用工业级控制芯片AT91RM9200和T的高性能浮点DSP TMS320C6713,价格比较昂贵。

2)由于AT91RM9200的浮点运算能力较差,所以为节省中断时间,其自身的AD数据采集,电气量计算和启动判断算法等模块不宜采用浮点算法实现,常采用定点算法。

3 结束语

通过对比两种微机保护软硬件配置方案的优缺点,不难发现,采用高性能MPU+高性能单片DSP结构的微机保护装置具有众多优点,其可以在保证装置硬件可靠性的前提下,提高微机保护软件的易实现性。这种管理MPU与保护DSP快速数据交互,集中管理数据文件的软件配置方法,使得管理MPU和保护DSP可以很方便兼容IEC61850标准。

Research on the hardware and software structure of two microprocessor-based protections

PAN Jun-jun, YN Xiang-gen, ZHANG Zhe

(Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074, China)

Abstract: To meet the four principles of the microprocessor-based relay, the third generation microprocessor-based relay made in China always has the structure of MPU + DSP. This paper describes that two kinds of microcomputer-based protections structures which are based on MPU + 2DSP structure and MPU + 1DSP structure respectively, and gives their methods of programming. At the same time, through analyzing the advantages and disadvantages of these two relay structures, it is easily accepted the concept that the relay structure with one MPU and one high performance DSP has more superiority.

Key words: microprocessor-based protection; hardware structure; software structure; protection manage computer

(上接第77页 continued from page 77)
开关,将导致开关长时间非全相运行,进一步增加了事故处理的复杂性,因此建议适当采用第二组分闸线圈来实现手动分闸;

5)如果站内500kV开关大多具有重合闸功能,全部集中在一条直流母线上会使直流负荷在两条母线上失去平衡,由于35kV保护设备只有一套

参考文献:

- [1] 刘强. 微机保护装置中央处理器的选择探讨[J]. 江西电力职业技术学院学报, 2003, 16(3): 20-21.
LU Qiang. Research on Choosing the Processor of the Micro-computer Protection[J]. Journal of Jiangxi Electric Vocational and Technical College, 2003, 16(3): 20-21.
- [2] 陈德树. 计算机继电保护原理与技术[M]. 北京:中国电力出版社, 1991.
CHEN De-shu. Principle and Technology of Computer Relay Protection[M]. Beijing: China Electric Power Press, 1991.

收稿日期: 2005-09-05; 修回日期: 2005-10-14

作者简介:

潘军军(1980-),男,硕士研究生,研究方向为电力系统自动化和微机继电保护;E-mail:pjilyx@sina.com

尹项根(1954-),男,教授,博士生导师,从事电力系统继电保护、变电站自动化控制及电力系统控制的研究工作;

张哲(1962-),男,教授,博士生导师,从事电力系统继电保护和自动化控制等方向的研究工作。

保护装置,且没有重合闸功能,可以通过它来调节直流负荷的平衡。

收稿日期: 2005-08-08

作者简介:

陈志军(1976-),男,硕士研究生,工程师,现从事变电运行工作。E-mail:laugher_007@sina.com

The influence of load distribution in 500 kV substation DC system on protector

CHEN Zhi-jun

(Suzhou Power Supply Company, Suzhou 215004, China)

Abstract: The connection scheme, special operation way and load of a representative DC system in 500 kV substation are introduced in this paper. And the different results caused by its different load distribution are detailed when fault occurred on both DC system and the grid. This paper puts forward some advice on improving the DC system reliability and stability different from traditional design mode.

Key words: substation; substation power supply; DC system; load distribution