

文章编号:1001-1609(2007)01-0065-03

10 kV 消弧线圈补偿系统线路耦合谐振分析

孙海新, 甄利, 谢达

(沧州供电公司调度所, 河北 沧州 061001)

Analysis of Coupling-resonance in Petersen-coil Compensated 10kV Networks

SUN Hai-xin, ZHEN Li, XIE Da

(Cangzhou Power Supply Company, Cangzhou 061001, China)

摘要:通过对城市某 110 kV 站 10 kV 母线设备两次闪络事故分析,得出如果两个非有效接地 10 kV 系统之间通过线路有较强的耦合联系,当一个系统发生单相接地故障时,所产生的零序电压就会通过线路耦合电压,对另一个有自动跟踪补偿消弧线圈的系统产生作用,其作用结果因消弧线圈的补偿方式不同而各异,其中采用过补偿方式就有可能形成串联谐振,产生危险的过电压,是造成设备闪络事故的原因之一。针对形成该类串联谐振的条件,提出采用欠补偿方式避免闪络事故的发生。

关键词: 闪络; 消弧线圈; 谐振; 过电压

中图分类号: TM86

文献标识码: A

Abstract: In this paper, through analysis of two flashover faults on 10 kV bus equipment in certain 110 kV urban substation, the fault reason is found. If there are stronger coupling connections through circuit between two ineffective grounding system, when the single phase to ground fault takes place in a system, the produced zero-sequence voltage will cause a couple voltage, this voltage will influence another system which has an autotracking Petersen-coil compensated. The results of the influence are different because the modes of Petersen-coil compensated are different. Adopting the mode of excessive compensation can cause series resonance. And the measures to avoid the dangerous resonance over-voltage also presented in this paper.

Key words: flashover; petersen-coil; resonance; over voltage

0 引言

为限制城市 10 kV 系统因电力电缆广泛使用而产生的大量电容电流,许多城网站 10 kV 母线安装了预调式自动跟踪消弧补偿装置。该装置在实际运行中设置在谐振点附近,通常采用过补偿,残流和脱谐度都很小,利用阻尼电阻限制中性点电压,当发生

单相接地时,阻尼电阻短接,补偿系统的电容电流,达到熄弧的目的。

消弧补偿装置在运行中,可能会造成两个不同 10 kV 系统因输电线路间的耦合,而形成串联谐振,产生危险的过电压。某城网 110 kV 变电站(SU 站) 10 kV 母线设备就发生过两次闪络事故。下面通过对事故进行分析,探讨闪络原因,并提出相应的对策。

1 事故分析

1.1 SU 站主接线图

SU 站主接线图见图 1,其中黑色矩形表示运行中的开关,白色矩形表示热备用的开关。5711 和 5723 两线路,5714 和 5725 两线路分别为同杆架空导线,其余出线省略未画。

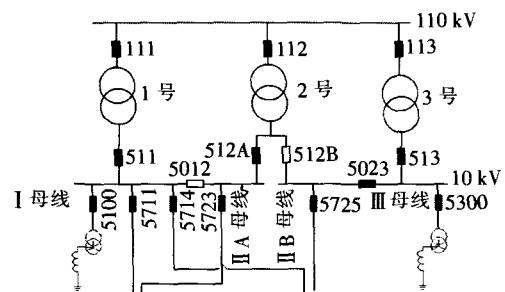


图 1 SU 站主接线图

1.2 自动跟踪补偿消弧线圈运行方式

SU 站接地变和消弧线圈运行,消弧线圈采用预调自动跟踪补偿方式,正常运行在谐振点附近,设为过补偿,残流和脱谐度很小。

1.3 故障情况及记录

2005 年 2 月 5 日,SU 站处于热备用的 5012 开关闪络爆炸,造成 511 和 512A 开关跳闸,10 kV I 母线和 II A 母线停电。

2005 年 10 月 24 日,SU 站因 5023-2 开关支持瓷瓶炸裂,同时引起 5023 开关 III 母线侧放电,造成 5023

收稿日期:2006-02-09; 修回日期:2006-04-24

作者简介:孙海新(1971-),男,河北沧州人,工程师,从事电网运行管理工作。

和 513 开关跳闸,10kV II B 母线和 III 母线停电。

2 事故原理分析

分析各种事故记录可以发现,两次事故的共同

现象为:一条母线发生单相接地后,造成另一分裂运行的母线设备闪络,而设备闪络母线都有预调式消弧线圈运行,并设置为过补偿方式。故障情况及故障记录见表 1,表 2。

表 1 2 月 5 日事故遥信变位相关记录

日期	时间	设备编号	测点名称	报警描述	报警值
2005-02-05	05:28:36	中央信号	中央预告信号	复归	0
2005-02-05	05:28:32	中央信号	中央预告信号	动作	1
2005-02-05	05:28:20	总事故	总事故	复归	0
2005-02-05	05:28:20	预告信号	预告信号	解除	0
2005-02-05	05:28:17	总事故	总事故	动作	1
2005-02-05	05:28:17	预告信号	预告信号	动作	1
2005-02-05	05:28:17	511	1 号主变压器 10 kV 侧受总 511 开关	分闸	0
2005-02-05	05:28:17	512A	2 号主变压器 10 kV 侧受总 512A 开关	分闸	0
2005-02-05	05:28:17	中央信号	中央预告信号	动作	1
2005-02-05	05:28:17	1 号主变压器	1 号主变压器后备保护	动作	1
2005-02-05	05:28:17	中央信号	中央预告信号	复归	0
2005-02-05	05:28:16	10 kV	10 kV 保护动作	动作	1
2005-02-05	05:28:16	10 kV I 母线	10 kV I 母 PT 断线	动作	1
2005-02-05	05:28:16	10 kV II 母线	10 kV II 母 PT 断线	动作	1
2005-02-05	05:28:16	521	521 开关	分闸	0
2005-02-05	05:28:16	2 号主变压器	2 号主变压器后备保护	动作	1

表 2 10 月 24 日事故遥信变位相关记录

日期	时间	设备编号	测点名称	报警描述	报警值
2005-10-24	23:19:20	总事故	总事故	解除	0
2005-10-24	23:19:18	3 号主变压器	3 号主变压器后备保护动作	复归	0
2005-10-24	23:19:18	中央信号	中央预告信号	动作	1
2005-10-24	23:19:18	10 kV I 母线	10 kV I 母 PT 断线	复归	0
2005-10-24	23:19:18	中央信号	中央预告信号	解除	0
2005-10-24	23:19:17	3 号主变压器	3 号主变压器后备保护动作	动作	1
2005-10-24	23:19:17	513	3 号主变压器 10 kV 侧受总 513 开关	分闸	0
2005-10-24	23:19:17	5023	10 kV 母联 5023 开关	分闸	0
2005-10-24	23:19:16	10 kV I 母线	10 kV I 母 PT 断线	动作	1
2005-10-24	23:19:16	521	521 开关	分闸	0
2005-10-24	23:19:16	总事故	总事故	动作	1

2005 年 2 月 5 日闪络前的运行方式为:1 号,2 号主变压器 10 kV 分裂运行,II A 母线的 5723 线路和 10 kV I 母线的 5711 线路同杆架设运行,10 kV I 母线 5100 消弧线圈运行。其线路间耦合情况示意图和等值电路图分别见图 2 和图 3。图中 C_1 和 C_{II} 分

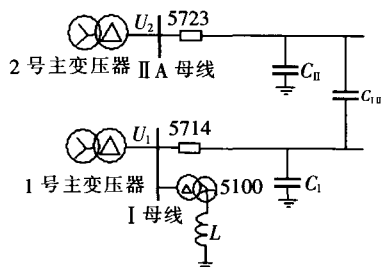


图 2 线路间耦合情况示意图

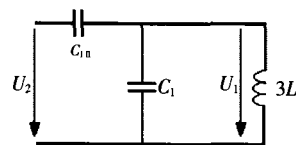


图 3 等值电路图

别为运行线路存在的对地电容; C_{II} 为同杆架设线路之间的电容; L 为消弧线圈电感。

2005 年 10 月 24 日闪络前该站的运行方式为:1 号、3 号主变压器 10 kV 分裂运行,3 号主变压器供 II B 和 III 母线, I 母线的 5714 线路和 10 kV II B 母线的 5725 线路同杆架设运行,10 kV III 母线 5300 消弧线圈运行,5100 自动跟踪补偿消弧线圈退出运行。除设备编号不同外,其线路间的耦合接线图和

等值电路图与图2和图3一致。

按照图3的等值回路,当II A系统发生单相接地时,中性点上升为相电压 U_2 ,因线路间的耦合,会造成另一系统产生一个耦合电压,电压大小因消弧线圈的补偿方式而不同,具体有以下3种补偿方式:

(1)消弧线圈在完全补偿时, C_1 与 $3L$ 达到并联谐振,阻抗无穷大,这时 $U_1=U_2$,10 kV II A母线中性点上的零序电压传递到10 kV I母线上,大小等于相电压,10 kV I母线将会出现虚幻接地。

(2)消弧线圈在过补偿时, C_1 与 $3L$ 并联阻抗呈感性,与 C_{1II} 构成串联回路,当达到谐振条件时,电压 U_2 在 L 上产生危险的过电压,这时由于耦合电压已经导致消弧线圈动作,将阻尼电阻短接,因此理论上 U_1 可以到无穷大,当设备绝缘有薄弱点时,将发生闪络。同时,由于产生很高的零序电压,如果持续时间超过PT报警时间,10 kV I母线同样将会出现虚幻接地信号,这就是会发出“10 kV I母PT断线”信号的原因。

(3)消弧线圈在欠补偿时, C_1 与 $3L$ 并联阻抗呈容性,不会与 C_{1II} 构成串联谐振,10 kV II A母线中性点上的零序电压传递到10 kV I母线上的零序电压将总小于 U_1 。

根据上述分析,对照事故记录以及事故现象,可以推断出两起事故发生的过程为:

2005年2月5日05:28:16时刻,SU站10 kV II A母线出线接地,造成SU站10 kV II A母线中性点电压上升为相电压,并通过同杆架设的5723和5711线路耦合,与10 kV I母线处于过补偿运行的消弧线圈形成串联谐振,造成SU站10 kV I母线上中性点零序电压升高,其上升值在理论上趋向无穷大,造成绝缘相对薄弱的5012开关闪络。

10月24日23:19:14.680时刻,SU站1号主变压器所共10 kV I母接地,导致521电容器低压跳闸,23:19:14.743时刻,521开关分闸。由于SU站3号主变压器所共10 kV II B和III母出线5725和10 kV I母出线5714同杆架设,且III母有自动跟踪补偿消弧线圈在过补偿运行,因而在10 kV I母接地的同时,通过同杆架设线路上的耦合电容,造成串联谐振,谐振过电压导致5023-2支持瓷瓶发生相间故障炸裂,导致停电故障。

3 解决对策

由于城市线路走廊有限,同杆双回或多回线路非常普遍,为提高供电可靠性,双回线路一般来自不同的10 kV母线,因此对该类事故应引起重视。通过分析可以发现,事故的形成有4个条件:①两个不接地系统,至少一个系统有消弧线圈工作在过补偿状态;②没有消弧线圈的系统发生单相接地故障;③两系统间有较强的线间耦合;④参数匹配,形成线间耦合串联谐振。也就是说,当两个系统都有消弧线圈工作在过补偿状态,且有较强的线间耦合时,一旦其中一个系统发生单相接地故障,当参数匹配时,就可能发生线间耦合串联谐振。

因此,破坏以上4个条件中的任意一个就可以避免该类故障。但是实际运行中,不可能将消弧线圈停运,当然也就无法避免单相接地故障,而改变耦合线路路径也费时费力,这样一来,最可行的办法就是改变消弧线圈的工作参数,如在过补偿方式下,将脱谐度调整到合适值,避免谐振参数,或设定在欠补偿工作状态。

由于目前消弧线圈的设定主要考虑残流大小,脱谐度只是一个参考量,且线路间的电容和对地电容等实际参数不容易获得,因此实际工程中很难准确计算出合适的脱谐度以避免串联谐振。

由于过去的消弧线圈采用手动调匝方式,考虑到在欠补偿时,会因线路故障跳闸后形成串连谐振,因此通常采用过补偿方式。目前虽然采用了自动跟踪补偿消弧线圈,但仍旧习惯采用过补偿方式。由于在同时满足故障点残流和中性点位移电压规定的前提下,过补偿和欠补偿对灭弧的效果差不多,因而也可以采用欠补偿方式。上述分析说明,欠补偿方式下,零序传递电压将总小于相电压,不会造成绝缘破坏。

但是,消弧线圈工作在欠补偿工作状态下同样要避免引起其它问题,如当一条线路接地后,切除接地线路时,可能会造成完全补偿,因此对装置的检测速度及阻尼电阻投入时间要求迅速,以避免造成谐振。或工程实践中在满足消弧的前提下,可以使残流(脱谐度)适当大些,在欠补时满足甩掉最大对地电容电流一路负荷后,不会造成谐振。

《国内外预装式变电站的发展》

简讯

高压/低压预装式变电站(俗称“箱变”或“组合式变电站”)是一种新型的中压变配电设备。由于它具有组合灵活、便于运输、施工周期短、运行费用低等优点,从其问世开始就受到了世界各国电力行业的重视。

该文集对箱变的发展及其历史作了全面的介绍;对“欧变”与“美变”的区别及特性、地理式箱变的智能化及其在配网自动化中的要求、紧凑型箱变的设计和内部故障电弧的防护等方面作了详尽的解释和说明;并对箱变的未来发展趋势进行了预测。

该文集由西安高压电器研究所信息室编译,联系电话:029-84225623。