

「变电站」

一起110 kV变电站主变压器10 kV侧避雷器故障分析及改进措施

文/国网重庆市电力公司永川供电分公司 肖 懿
浙江大学建筑设计研究院有限公司 丁鑫烨
国网重庆市电力公司永川供电分公司 赵 昕

针对一起110 kV变电站中主变压器10 kV侧避雷器烧毁的事故进行了研究,根据对故障的分析确定了故障的原因是因为线路中产生的过电压导致避雷器铁磁谐振引起的爆炸。还针对铁磁谐振这一现象提出了预防铁磁谐振的改进措施。

在中性点接地的系统中电磁式电压互感器(Potential Transformer, PT)与传输线路中的对地电容会因系统中的过电压而导致铁磁谐振现象,该现象不仅影响PT的正常运行,更会导致电力系统失效。

当系统中发生较大的扰动或者冲击时,PT参数发生改变并与系统中的线路电容参数发生铁磁谐振,极易引发PT烧毁、避雷器爆炸、母线跳闸等甚至更加严重的后果,影响电网的正常运行。

本文主要针对一起110 kV变电站中的主变10 kV避雷器烧毁的事故进行了分析。并根据分析的结果对铁磁谐振问题提出了改进措施。

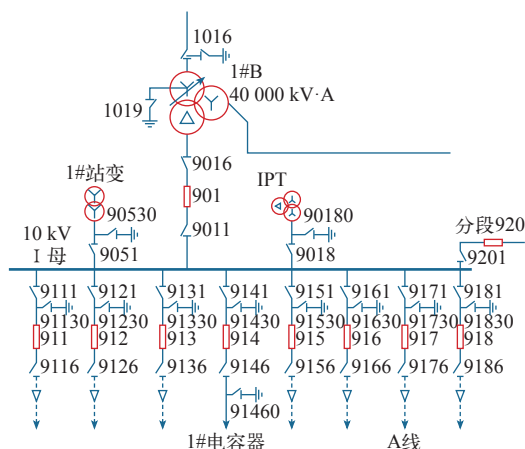


图1 某110 kV变电站主变10 kV侧接线图

故障情况

某110 kV变电站主变10 kV侧接线图如图1所示。该变电站1#主变10 kV侧C相避雷器烧毁,次日该变电站10 kV侧出线A线上发生接地故障,导致多个配变C相高压避雷器均烧坏。PT故障后烧毁图片如图2所示。

故障分析

根据设备故障时间调取故障期间的电压波形,根据故障波形将故障分为以下三个阶段。

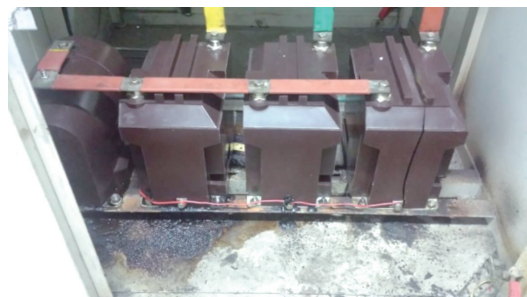


图2 故障PT图

阶段一:如图3所示,该阶段下波形开始发生畸变,其中A相电压峰值突增到14.3 kV,为正常

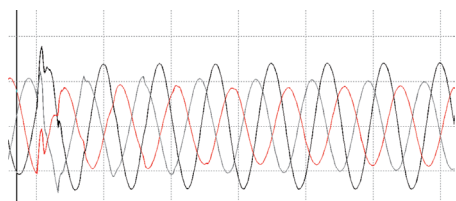


图3 故障阶段一电压波形图

峰值的1.75倍，C相电压峰值增加到9.8 kV，为正常峰值的1.2倍，B相电压几乎为零；随后A相电压峰值维持在11 kV左右，B相和C相电压峰值维持在7.5 kV左右，此时A、C相电压峰值约为原峰值的1.35倍，B相约为原峰值的0.92倍。

阶段二：经过280 ms后，电压的波形如图4所示。此时A相电压幅值升高为16 kV，约为上一阶段的1.45倍，C相电压峰值为13.4 kV，约为上一阶段的1.79倍，而B相电压峰值为2 kV，为上一阶段的0.27倍。导致该现象发生的原因是因为工频铁磁谐振过电压故障，此时的表现为两相电压升高，一相电压降低，该现象与电网中单相接地现象相似，也被称为虚幻接地。此时系统中A相电压幅值增长到原幅值的1.96倍，已经严重超出正常运行的范围。

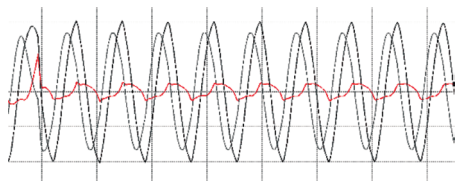


图4 故障阶段二电压波形图

阶段三：如图5所示，此时波形由阶段二的波形变为谐振状态，波形变为谐振波形，该阶段铁磁谐振过电压异常波形持续时间总共为3 min，并且是间歇性的发生。

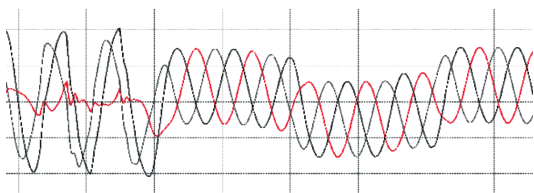


图5 故障阶段三电压波形图

故障PT是采用的典型的4PT接线方式，该接线方式如图6所示。

此接线方式能够有效抑制铁磁谐振，同时避雷器入线侧安装有消谐装置，通过排查确认二次侧接线无误。

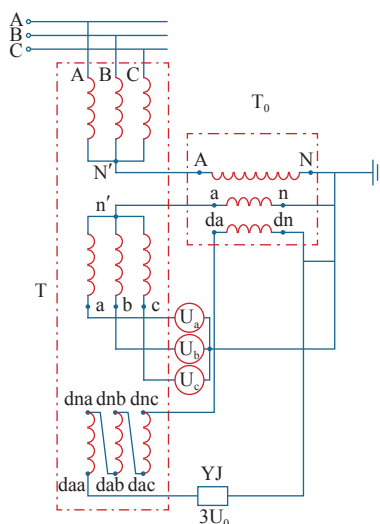


图6 PT接线图

根据已有情况可以确定是因为过电压引起的铁磁谐振。4PT接线和消谐装置虽然可以消除一定的过电压的影响，但是仍然存在一定的谐振区域无法完全避开，同时互感器铁心材料的限制也是引起铁磁谐振的主要原因之一。

改进措施

引起本次故障主要原因是过电压引起的铁磁谐振，为避免该情况的再次发生，本文针对这一问题提出了一系列的改进措施。

1. 改进互感器

采用电容式互感器可以有效地解决铁磁谐振这一问题。电容式互感器早期有计量精度不高、容量小、瞬态反应差等缺点，但是随着技术的发展，电容式诸多缺点已经被克服，使用电容式互感器可以从根本上消除铁磁谐振产生的原因。

使用电感式互感器应当选用具备伏安特性好，铁心不容易饱和，励磁感抗高的铁心材料的互感器，避免谐振参数匹配从而导致铁磁谐振。

2. 改进消谐装置

过电压导致带铁心的PT电感参数和线路电容参数谐振是引起铁磁谐振的主要原因。因此对进线电压进线滤波可以有效的减小谐振的产生。现有的消谐装置已经可以过滤掉大多数的谐波，但是因为滤波装置的局限性仍然可能会有谐振频率区间的谐波未被过滤，因此改进消谐装置，例如采用自动调谐接地补偿装置等方法均可以有效地改善这一问题。

(下转第121页)

表5 各指标得分

	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅	F ₆
物资采购1	[86.7, 96.7]	[80, 90]	[76.7, 86.7]	[73.3, 83.3]	[73.3, 83.3]	[83.3, 93.3]
物资采购2	[76.7, 86.7]	[83.3, 93.3]	[73.3, 83.3]	[86.7, 96.7]	[73.3, 83.3]	[73.3, 83.3]

	F ₇	F ₈	F ₉	F ₁₀	F ₁₁
物资采购1	[70, 80]	[80, 90]	[80, 90]	[70, 80]	[80, 90]
物资采购2	[73.3, 83.3]	[83.3, 93.3]	[90, 100]	[83.3, 93.3]	[73.3, 83.3]

表6 各指标得分

	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅	F ₆	F ₇	F ₈	F ₉	F ₁₀	F ₁₁
物资采购1	91.7	85	81.7	78.3	78.3	88.3	75	85	85	75	85
物资采购2	81.7	88.3	78.3	91.7	78.3	78.3	78.3	88.3	95	88.3	78.3

购2存在一定差距，导致其总体得分较物资采购2为低。对于物资采购1，应针对性加强这几方面的工作和管理。

结束语

基于AHP评估方法，建立了物资采购的多层

次结构模型，考虑专家评估的模糊性，基于区间数的方法完成了专家对各指标的评估。通过两个物资采购的案例验证了所提方法的有效性和适用性。为电力物资采购的评估提供方法支持。EA

(收稿日期：2017.04.10)

(编辑：白文亭)

(上接第77页)

3. 改进电网参数

通过改变系统运行参数从而避开谐振区域可以有有效的减少铁磁谐振的发生。在变电站母线侧将中性点接地改进为加装消谐电阻接地可以增大系统阻尼，从而有效地抑制或消除PT饱和。无功补偿采用就地补偿原则，避免集中补偿出现的问题

在10 kV系统中采用4PT接线。可以通过零序电压变的接入，有效避免了因为三个主PT出现过电压而导致的铁磁谐振。

在电压互感器二次侧开口三角处接入阻尼电阻也可以有效地抑制谐波。接线图见图7所示。正常运行时电压互感器二次侧开口两端没有电压或

仅有极小的不对称电压，当电网发生单相电压接地故障时，因电阻阻值较小绕组两端近似短路，起到了改变电压互感器参数的作用，同时还能有效地消耗谐振能量，防止产生谐振过电压。该办法适用于要求不太高的变电站。

4. 系统操作

在进行系统操作时保证断路器不发生非全相举动，尽量使三相同时接通；在进行合闸操作时先合中性点接地刀开关再合对其他开关或刀开关互感器进行合闸送电；对于较长的电缆线路或者架空线路，避免因为空载带电压互感器合闸送电从而谐振过电压。

结束语

本文对一起110 kV变电站主变压器10 kV避雷器故障事故进行了分析，得出了引起该故障的主要原因是过电压在PT上引起的铁磁谐振。在此基础上提出了针对预防铁磁谐振的改进措施，可以有效地防止铁磁谐振对电网的安全造成影响。EA

(收稿日期：2017.04.17)

(编辑：白文亭)

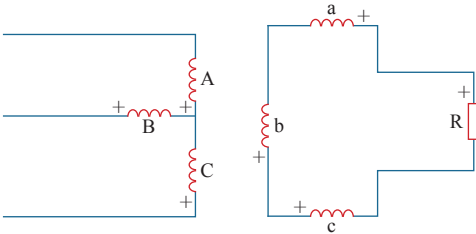


图7 电压互感器二次侧接入阻尼电阻