



## (12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106291067 A

(43)申请公布日 2017.01.04

(21)申请号 201610966364.4

(22)申请日 2016.10.28

(71)申请人 中国南方电网有限责任公司超高压  
输电公司检修试验中心

地址 510663 广东省广州市萝岗区科学大  
道223号2号楼

(72)发明人 李红元 彭翔 陈禾 许毅 潘凯  
龙方宇 周禹

(74)专利代理机构 昆明今威专利商标代理有限  
公司 53115

代理人 赛晓刚

(51)Int. Cl.

G01R 19/00(2006.01)

权利要求书1页 说明书4页 附图2页

### (54)发明名称

一种特高压直流垂直接地极的跨步电压测试方法

### (57)摘要

本发明公开了一种特高压直流垂直接地极的跨步电压测试方法。所述跨步电压测试方法如下：所述测试方法在接地极调试时进行测试，将接地极的内环和外环分为四个象限，在外环的四个象限区域中分别选取4~6个电极井作为参考测试点进行测量，内环的四个象限区域中分别选取3~4个电极井作为参考测试点进行测量，在每个参考测试点四周地面以1m为电位，分别选取多个测试点进行测试，采用万用表测试得到多个跨步电压值，并选取最大的一个跨步电压值作为该参考测试点的跨步电压值。本发明提供的测试方法注入接地极址的电流较大，并能够达到接地极的额定入地电流，通过测试额定入地电流下的跨步电压，能够很好的反映接地极电气性能。

1. 一种特高压直流垂直接地极的跨步电压测试方法,其特征在于,所述跨步电压测试方法如下:所述测试方法在接地极调试时进行测试,将接地极的内环和外环分为四个象限,在外环的四个象限区域中分别选取4~6个电极井作为参考测试点进行测量,内环的四个象限区域中分别选取3~4个电极井作为参考测试点进行测量,在每个参考测试点四周地面以1m为电位,分别选取多个测试点进行测试,每个测试点采用万用表测试得到跨步电压值,并选取最大的一个跨步电压值作为该参考测试点的跨步电压值。

2. 如权利要求1所述的特高压直流垂直接地极的跨步电压测试方法,其特征在于,所述特高压直流额定直流电压为 $\pm 800\text{kV}$ ,特高压直流垂直接地极的测试电流为 $800\text{A}\sim 3125\text{A}$ 。

3. 如权利要求1所述的特高压直流垂直接地极的跨步电压测试方法,其特征在于,所述万用表的精度为 $0.1\text{mV}$ 。

4. 如权利要求1所述的特高压直流垂直接地极的跨步电压测试方法,其特征在于,测试过程中采用硫酸铜参比电极来消除极化,试验前将两支硫酸铜参比电极进行配对,两支硫酸铜参比电极间的电位差小于 $5\text{mV}$ 。

5. 如权利要求1~4任一所述的特高压直流垂直接地极的跨步电压测试方法,其特征在于,当换流站特高压直流垂直接地极在单极大地方式调试时,所述跨步电压测试方法如下:将接地极的内环和外环分为四个象限,在外环的四个象限区域中分别选取5个电极井作为参考测试点进行测量,内环的四个象限区域中分别选取3个电极井作为参考测试点进行测量,在每个参考测试点四周地面以1m为电位,分别选取了多个测试点进行测试,测试得到多个跨步电压值,并选取最大的一个跨步电压值作为参考测试点的跨步电压值,在测试电流为 $800\text{A}$ 时,对所选取的32个参考测试点的四周地面均进行测试,并从32个参考测试点中找出跨步电压最大的5个参考测试点,并分别在 $2400\text{A}$ 和 $3125\text{A}$ 电流下对5个参考测试点进行了测试,得到各个参考测试点的最大跨步电压,最后从电流为 $3125\text{A}$ 时的测试结果找到了五个测试点的最大跨步电压值。

## 一种特高压直流垂直接地极的跨步电压测试方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及垂直接地极跨步电压测试技术领域,尤其涉及一种特高压直流垂直接地极的跨步电压测试方法。

### 背景技术

[0002] 特高压直流输电接地极能长时间为系统输送电力,提高系统运行可靠性及钳制换流站(整流阀)中性点电位,避免两极对地电压不平衡而损害设备。强大的直流电流经接地极注入大地将导致极址大地电位升高,出现跨步电压、土壤发热、电极腐蚀等新问题。

[0003] 目前国内主要的接地极布置方式以水平接地极为主,但水平接地极的占地面积较大,随着直流工程的不断增加,接地极的选址、用地问题越来越突出,垂直接地极开始应用到直流工程中。垂直接地极占地面积小,可直接将电流导入地层深处,对环境影响较小,一般适表层土壤电阻率高而深层较低的极址或极址受到限制的地方。

[0004] 跨步电压测试是为了找到接地极址地面的最大跨步电压值,从而对接地极电气性能进行评估。跨步电压测试通常采用试验仪器向接地极址注入试验电流,在接地极址测试得到跨步电压值,将测试结果通过电流折算至接地极额定入地电流时的跨步电压值。这种方法试验电流较小,一般不超过200A,虽然能够测试得到接地极址地面的跨步电压值,但由于注入接地极址的电流较小,在接地极址地面产生的跨步电压值较小,通常为mV级别,测试跨步电压测试过程中采用的电压表或万用表精度有限,不能精确读取接地极址地面的跨步电压值,且通过电流折算会引入新的误差,故这种测试方法得到的跨步电压不够精确。

### 发明内容

[0005] 针对现有技术的不足,本发明公开了一种特高压直流垂直接地极的跨步电压测试方法。

[0006] 本发明的技术方案如下:一种特高压直流垂直接地极的跨步电压测试方法,所述跨步电压测试方法如下:所述测试方法在接地极调试时进行测试,将接地极的内环和外环分为四个象限,在外环的四个象限区域中分别选取4~6个电极井作为参考测试点进行测量,内环的四个象限区域中分别选取3~4个电极井作为参考测试点进行测量,在每个参考测试点四周地面以1m为电位,分别选取多个测试点进行测试,每个测试点采用万用表测试得到跨步电压值,并选取最大的一个跨步电压值作为该参考测试点的跨步电压值。

[0007] 所述特高压直流的额定直流电压为 $\pm 800\text{kV}$ ,注入接地极址的测试电流为 $800\text{A}\sim 3125\text{A}$ 。

[0008] 所述万用表的精度为 $0.1\text{mV}$ 。

[0009] 为防止在测试过程接地极的极化对测试结果的影响,在测试过程中采用硫酸铜参比电极来消除极化,试验前将两支硫酸铜参比电极进行配对,两支硫酸铜参比电极间的电位差小于 $5\text{mV}$ 。

[0010] 作为优选,当换流站特高压直流垂直接地极在单极大地方式调试时,所述跨步电

压测试方法如下：将接地极的内环和外环分为四个象限，在外环的四个象限区域中分别选取5个电极井作为参考测试点进行测量，内环的四个象限区域中分别选取3个电极井作为参考测试点进行测量，在每个参考测试点四周地面以1m为电位，分别选取了多个测试点进行测试，测试得到多个跨步电压值，并选取最大的一个跨步电压值作为参考测试点的跨步电压值，在测试电流为800A时，对所选取的32个参考测试点的四周地面均进行测试，并从32个参考测试点中找出跨步电压最大的5个参考测试点，并分别在2400A和3125A电流下对5个参考测试点进行了测试，得到各个参考测试点的最大跨步电压，最后从电流为3125A时的测试结果找到了五个测试点的最大跨步电压值。

[0011] 现有方法测试跨步电压时电流较小，虽然能够测试得到接地极址地面的跨步电压值，但由于注入接地极址的电流较小，在接地极址地面产生的跨步电压值较小，通常为mV级别，测试跨步电压的电压表或万用表精度有限，不能精确读取接地极址地面的跨步电压值，且通过电流折算会引入新的误差，故这种测试方法得到的跨步电压不够精确，本发明在接地极调试电流下进行跨步电压测试能够在接地极投运前就开展，并能够在接地极投运前就发现接地极的跨步电压最大值及跨步电压分布，能够在投运前对接地极运行工况进行评估，本发明在接地极址注入的系统电流较大，且能够达到接地极的额定入地电流，该种方式能够测试得到较为准确的跨步电压值。

[0012] 与现有技术相比，本发明具有以下有益效果：

[0013] 1)在调试时进行跨步电压测试具有较好实用性，该种测试方法能够选择多个电流值进行测试，并将测试结果进行对比分析，找出最大的跨步电压值；

[0014] 2)该种测试方法注入接地极址的电流较大，并能够达到接地极的额定入地电流，通过测试额定入地电流下的跨步电压，能够很好的反映接地极电气性能；

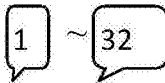
[0015] 3)该种测试方法不用电流折算，能够避免电流折算结果的误差；

[0016] 4)该种测试方法对于垂直接地极的跨步电压测试具有较好的实用性，并能够根据低电流下的测试结果初步判断跨步电压最大值的位置，并在额定入地电流时测试得到最大跨步电压值；

[0017] 5)该种测试方式可以应用于后续的垂直接地极跨步电压测试，并可以在此基础上进行改进。

## 附图说明

[0018] 图1为普洱换流站接地极跨步电压电极井及测试点位置图；

[0019] 图中：1~61分别表示电极井，表示测试参考点，0和1+表示施工过程中新加的电极井；

[0020] 图2为试验结果折线图。

## 具体实施方式

[0021] 下面结合具体实施例对本发明的技术方案做进一步详细说明。

[0022] 实施例1

[0023] ±800kV普洱换流站接地极的垂直接地极型式为国内首次采用。接地极极址位于

南省普洱市景谷傣族彝族自治县永平镇迁营村,设计最高电压35kV,直流系统输送容量为5000MW,最大持续额定电流为3125A,最大过负荷电流(2h)3461A,最大暂态电流(3s)4539A,最大允许跨步电压9.72V。

[0024] 接地电阻设计值为 $0.162\ \Omega$  (计算值),根据系统条件、极址地形特点以及极址的土壤参数进行设计,极址采用依地形布置的不规则双环垂直型接地极设计方案。外环设置40个垂直电极井,内环设置23个垂直电极井,电极棒长30m,电极顶端距地面约5m,电极井直径1.2m,采用石油煅烧焦炭填充。

[0025] 调试电流注流顺序及时间

[0026] 本实施例选择在接地极调试时进行测试。在接地极调试过程中,调试电流通常较大,最低电流达800A,且能够持续一小时,有利于试验人员对接地极址地面各个位置进行跨步电压测试,找出跨步电压分布情况;且调试电流能够达到接地极的额定入地电流3125A,因此在接地极额定入地电流下的测试得到跨步电压值不用折算,避免了电流折算带来的误差。综合以上情况,在调试电流下测试得到的结果能够准确反应接地极的实际运行工况,从而得到较为精确的跨步电压值。调试电流注入顺利及时间如下:

[0027] 表1调试电流注流顺序及时间

注流顺序	接地极 注入电流/A	注入电流 时间/min
1	800	60
2	2400	15
3	3125	5

[0029] 跨步电压参考测试点选择

[0030] 跨步电压测试要求在接地极极址范围内找到最大的跨步电压值,但该接地极采用垂直型接地极方案,流入大地的电流都通过垂直电极导入大地,因此每个电极井位置即为极址电流密度最大的位置,相应的跨步电压也最大。但调试电流注入的时间较短,要在有限的时间内完成所有电极井的跨步电压测试较为困难。为了能够在规定的时间内找到最大的跨步电压值,同时也能反应整个接地极址地面跨步电压的分布情况,将内环和外环分为四个象限,在外环的四个象限区域中分别选取5个电极井作为参考测试点进行测量,内环的4个象限区域中分别选取3个电极井作为参考测试点进行测量,一共选择了32个参考测试点进行测试,所选择的参考测试点位置如图1所示。

[0031] 跨步电压测试过程

[0032] 为防止在测试过程接地极的极化对测试结果的影响,在测试过程中采用硫酸铜参比电极来消除极化。试验前将两支硫酸铜参比电极进行了配对,两支硫酸铜参比电极间的电位差小于5mV。

[0033] 试验中采用了测试精度为0.1mV的万用表进行跨步电压测试,保证了测试结果的

准确性。

[0034] 测试过程中,在每个参考测试点(电极井)四周地面以1m为电位,分别选取了多个测试点进行测试,测试得到多个跨步电压值,并选取最大的一个跨步电压值作为参考测试点的跨步电压值。在调试电流为800A时,对所选取的32个参考测试点四周地面均进行了测试,并从32参考测试点中找到了跨步电压较大的5个参考测试点,并分别在2400A和3125A时对5个参考测试点(#32、#31、#7、#2、#1电极井、)进行了测试,得到了2400A和3125A时各个参考测试点的最大跨步电压,最后从3125A时的测试结果找到了五个测试点的最大跨步电压值为9.431V,该测试值即为接地极址地面的跨步电压值。其测试结果如表2所示:

[0035] 表2调试电流下的跨步电压测试值

测试点		跨步电压值/V		
参考测试点	电极井	800 A	2400 A	3125 A
4	#32	0.6497	1.7388	2.2972
5	#31	2.6207	7.1994	9.4310
16	#7	1.4800	4.4823	6.3721
19	#2	1.4700	4.2344	5.1625
20	#1	1.3500	3.5342	4.7324

[0037] 试验结果分析

[0038] 对于表2中的测试结果进行分析,选择了参考测试点#32、#31、#7电极井进行跨步电压测试结果的线性分析,并绘制了折线图,见图2。从折线图可以发现,随着电流不断增加,各参考测试点的跨步电压并未呈线性增长,即对于该垂直接地极,采用试验电流下测试得到跨步电压,并进行电流折算的方式不能准确反映接地极的电气性能,而在调试电流下进行测试得到的结果能够较为精确的反映接地极的电气性能。

[0039] 作为测试得到的最大跨步电压值,该跨步电压值为接地极注入额定电流3125A时测得,能够准确反映接地极电气性能,该测试结果符合设计要求跨步电压 $\leq 9.72V$ 的要求,并能够为接地极以后的运行单极大地运行提供参考。



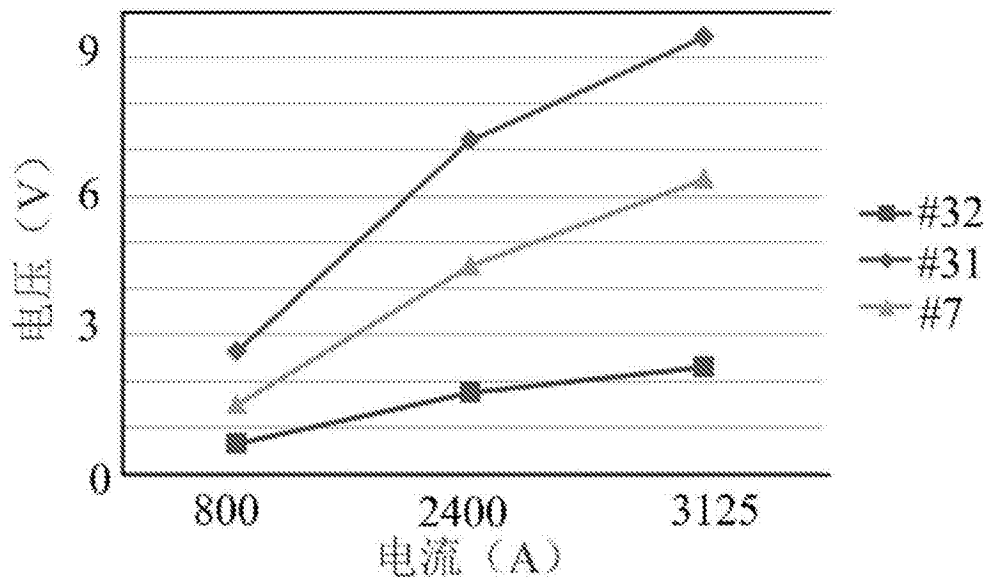


图2