



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106053994 A

(43)申请公布日 2016. 10. 26

(21)申请号 201610556396.7

(51)Int.Cl.

(22)申请日 2016.07.12

G01R 31/00(2006.01)

G01R 19/00(2006.01)

(71)申请人 南方电网科学研究院有限责任公司

地址 510080 广东省广州市越秀区东风东路水均岗8号

申请人 中国南方电网有限责任公司电网技术研究中心  
华中科技大学

(72)发明人 厉天威 何俊佳 赵贤根 罗兵

刘磊 项阳 陈名 李敏 李斌  
唐力

(74)专利代理机构 广州华进联合专利商标代理有限公司 44224

代理人 周清华

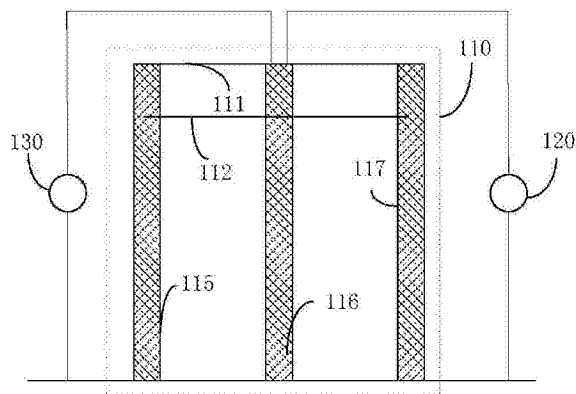
权利要求书1页 说明书6页 附图2页

(54)发明名称

高压直流输电设备的雷电冲击响应检测系统

(57)摘要

本发明涉及一种高压直流输电设备的雷电冲击响应检测系统,包括:接地装置,用于连通地端;基于单回路直线塔、单回路耐张塔、同塔双回路直线塔或者同塔双回路耐张塔的模拟杆塔,所述模拟杆塔直立在所述接地装置上,底端与接地装置接触;雷电冲击电流发生器,连接在模拟杆塔顶端与接地装置之间,用于提供雷电冲击电流;电流测量装置,连接在所述模拟杆塔顶端和雷电冲击电流发生器之间,用于测量所述雷电冲击电流发生器发出的雷电冲击电流对应的电流参数;电压测量装置,连接在所述模拟杆塔顶端与接地装置之间,用于测量模拟杆塔顶端的电压参数;所述电流参数和电压参数用于检测所述模拟杆塔对应的单回路直线塔、单回路耐张塔、同塔双回路直线塔或者同塔双回路耐张塔的瞬态冲击参数。



1. 一种高压直流输电设备的雷电冲击响应检测系统,其特征在于,包括:高压输电模型、雷电冲击电流发生器和电压测量装置;所述高压输电模型包括多个杆塔模型,绝缘子模型、模拟输电线和模拟接地线,所述杆塔模型均匀排列成同一条直线,所述绝缘子模型设置在杆塔模型的顶端;各个杆塔模型上的绝缘子模型依次通过模拟输电线连接,各个杆塔模型的底端通过模拟接地线与地端连接;

所述雷电冲击电流发生器连接在任一个杆塔模型的顶端与地端之间,所述电压测量装置连接在所述杆塔模型的顶端与地端之间;

所述雷电冲击电流发生器发出雷电冲击电流;所述电压测量装置测量所述雷电冲击电流流过杆塔模型时,杆塔模型顶端的电压参数;所述电压参数用于对高压直流输电设备的雷电冲击响应进行检测。

2. 根据权利要求1所述的高压直流输电设备的雷电冲击响应检测系统,其特征在于,还包括电流测量装置;

所述电流测量装置连接在所述杆塔模型的顶端和雷电冲击电流发生器之间;

所述电流测量装置用于测量所述雷电冲击电流发生器发出的雷电冲击电流的电流参数。

3. 根据权利要求2所述的高压直流输电设备的雷电冲击响应检测系统,其特征在于,还包括服务器;

所述服务器分别连接电流测量装置和电压测量装置;用于获取电流测量装置测量的电流参数以及电压测量装置测量的电压参数,并根据所述电流参数和电压参数检测所述高压输电模型所对应的高压直流输电设备的雷电冲击响应。

4. 根据权利要求3所述的高压直流输电设备的雷电冲击响应检测系统,其特征在于,所述服务器还连接雷电冲击电流发生器;

所述服务器通过电压测量装置检测模拟杆塔顶端的电压参数,在所述电压参数达到预设的参数范围时,控制所述雷电冲击电流发生器发出雷电冲击电流。

5. 根据权利要求1所述的高压直流输电设备的雷电冲击响应检测系统,其特征在于,所述任意相邻两个杆塔模型之间的距离为800毫米。

6. 根据权利要求1所述的高压直流输电设备的雷电冲击响应检测系统,其特征在于,所述绝缘子模型包括设置电压测量端口的环氧树脂板。

7. 根据权利要求1所述的高压直流输电设备的雷电冲击响应检测系统,其特征在于,所述模拟接地线为半径相同,直径为0.8mm的裸铜线。

8. 根据权利要求1所述的高压直流输电设备的雷电冲击响应检测系统,其特征在于,所述杆塔模型为采用镀锌钢焊接而成的模型,所述镀锌钢的直径为11mm。

9. 根据权利要求1所述的高压直流输电设备的雷电冲击响应检测系统,其特征在于,还包括用于导电的测量引线;

所述测量引线用于连接所述杆塔模型的顶端和雷电冲击电流发生器,雷电冲击电流发生器和地端,所述杆塔模型的顶端和电压测量装置,以及电压测量装置和地端。

10. 根据权利要求1至9任一项所述的高压直流输电设备的雷电冲击响应检测系统,其特征在于,所述雷电冲击电流发生器发出上升沿为纳秒级,脉冲宽度为纳秒级的雷电冲击电流,所述电压测量装置的带宽为200兆赫兹。

## 高压直流输电设备的雷电冲击响应检测系统

### 技术领域

[0001] 本发明涉及高压电力技术领域,特别是涉及一种高压直流输电设备的雷电冲击响应检测系统。

### 背景技术

[0002] 高压直流输电网通常包括杆塔、高压输电线以及绝缘子等高压输电设备,这些高压输电设备需要工作在户外,在输送高压电的基础上,还有可能遭受雷击等瞬态冲击放电现象,上述工作环境具有较大的安全隐患。因而针对高压输电设备开展对其施加雷电冲击电流时所产生的瞬态冲击参数(输电设备通过瞬态雷电冲击电流时的电压信息等)检查具有重要意义。

[0003] 目前,高压直流输电设备的雷电冲击响应等瞬态冲击参数检测主要基于传输线理论对电力系统电磁暂态过电压进行计算,具体是将各个高压输电设备等效为RLC等元器件,进行仿真计算,这样容易忽略输电设备本身的形状、尺寸以及相关接地性对电磁暂态过程的影响,使高压直流输电设备的雷电冲击响应检测方案具有局限性。

### 发明内容

[0004] 基于此,有必要针对传统高压直流输电设备的雷电冲击响应方案具有局限性的技术问题,提供一种高压直流输电设备的雷电冲击响应检测系统。

[0005] 一种高压直流输电设备的雷电冲击响应检测系统,包括:

[0006] 高压输电模型、雷电冲击电流发生器和电压测量装置;所述高压输电模型包括多个杆塔模型,绝缘子模型、模拟输电线和模拟接地线,所述杆塔模型均匀排列成同一条直线,所述绝缘子模型设置在杆塔模型的顶端;各个杆塔模型上的绝缘子模型依次通过模拟输电线连接,各个杆塔模型的底端通过模拟接地线与地端连接;

[0007] 所述雷电冲击电流发生器连接在任一个杆塔模型的顶端与地端之间,所述电压测量装置连接在所述杆塔模型的顶端与地端之间;

[0008] 所述雷电冲击电流发生器发出雷电冲击电流;所述电压测量装置测量所述雷电冲击电流流过杆塔模型时,杆塔模型顶端的电压参数;所述电压参数用于对高压直流输电设备的雷电冲击响应进行检测。

[0009] 上述高压直流输电设备的雷电冲击响应检测系统,根据高压杆塔、绝缘子、接地线等高压输电设备以及各个高压输电设备之间的连接关系设置高压输电模型,对上述高压输电模型中的任一杆塔模型施加雷电冲击电流,以对其工作时遭受的雷电冲击电流进行模拟,并测量上述施加雷电冲击电流的杆塔模型所对应的电压参数,以根据上述电压参数检测上述输电设备所对应的瞬态冲击参数,使高压直流输电设备的雷电冲击响应检测方案可以结合杆塔、安装在上述杆塔上的绝缘子等输电设备的相关形状、尺寸和接地网对电磁暂态冲击流量电流的冲击响应进行检测,可以提高相应瞬态冲击参数检测的全面性,对高压直流输电设备的雷电冲击响应检测具有较高的参考价值,还可以指导上述高压输电设备的

防雷设计。

### 附图说明

[0010] 图1为一个实施例的高压直流输电设备的雷电冲击响应检测系统结构示意图；

[0011] 图2为一个实施例的高压输电模型示意图；

[0012] 图3为一个实施例的杆塔模型排列示意图；

[0013] 图4为一个实施例的测量导线结构示意图。

### 具体实施方式

[0014] 下面结合附图对本发明提供的高压直流输电设备的雷电冲击响应检测系统的具体实施方式进行详细阐述。

[0015] 参考图1,图1所示为一个实施例的高压直流输电设备的雷电冲击响应检测系统结构示意图,包括:

[0016] 高压输电模型110、雷电冲击电流发生器120和电压测量装置130;所述高压输电模型110包括多个杆塔模型(如图1所示的第一杆塔模型115、第二杆塔模型116和第三杆塔模型117),绝缘子模型(图中未示出)、模拟输电线和模拟接地线(图中未示出),上述模拟输电线可以包括多条(如图示的第一模拟输电线111和第二模拟输电线112);所述杆塔模型均匀排列成同一条直线,所述绝缘子模型设置在杆塔模型的顶端;各个杆塔模型上的绝缘子模型依次通过模拟输电线连接,各个杆塔模型的底端通过模拟接地线与地端连接;如图2所示,上述杆塔模型可以包括一个或者多个横担模型,例如图2示出的第一横担模型161和第二横担模型162,各个横担模型的两端均可以设置绝缘子模型,如图2所示,第一横担模型161两端分别设置第一绝缘子模型113和第二绝缘子模型114,第二横担模型162两端分别设置第三绝缘子模型118和第四绝缘子模型119,第一模拟输电线111连接在第二绝缘子模型114和第四绝缘子模型119之间,第二模拟输电线112连接在第一绝缘子模型113和第三绝缘子模型118之间;

[0017] 所述雷电冲击电流发生器120连接在任一个杆塔模型的顶端与地端之间,所述电压测量装置130连接在所述杆塔模型的顶端与地端之间;上述电压测量装置130与雷电冲击电流发生器120连接同一个杆塔模型的顶端;

[0018] 所述雷电冲击电流发生器120发出雷电冲击电流;所述电压测量装置130测量所述雷电冲击电流通过杆塔模型时,杆塔模型顶端的电压参数;所述电压参数用于对高压直流输电设备的雷电冲击响应进行检测。在上述雷电冲击电流发生器120向杆塔模型发出雷电冲击电流以对雷电瞬态放电现象进行模拟的过程中,模拟输电线可以接通高压电,以提高相应高压输电模型所处环境的仿真程度。

[0019] 上述雷电冲击响应可以包括雷电冲击电流流过杆塔模型(对应于相应的高压输电设备遭受到瞬态雷电放电现象)时,上述杆塔模型与地端之间的电压大小、大于某一值(比如设定的安全值等)的电压持续时间,电压信号的上升沿时间和下降沿时间等性能响应特点,根据电压测量设备获取的电压参数,可以得到杆塔模型对应的性能响应特点,从而得到相应输电设备在遭受瞬态雷电放电电流等瞬态雷电冲击电流时的雷电冲击响应。

[0020] 上述杆塔模型的尺寸可以以实际工程的直线塔或者耐张塔等多基杆塔的尺寸为

准,将高压直流输电线路的直线塔或者耐张塔等多基杆塔按照1:25缩放比例进行缩放,以建立相应的杆塔模型。杆塔模型可以采用镀锌钢材料焊接而成,还可以选取直径为11mm(毫米)的镀锌钢;为保证杆塔模型设置在相应平台(地面等)上的稳定性,可以在各个杆塔模型的塔脚分别焊接尺寸为150mm×150mm×10mm的钢板;杆塔模型可以包括塔头(顶端)、塔身(中间部分)和塔腿(底端)等;上述杆塔模型的顶端可以设置横担模型,横担模型的两端分别设置有绝缘子模型,上述杆塔模型的底端设置有模拟接地线,上述模拟接地线可以保证相应杆塔模型与地端之间的导通。由于高压直流输电设备的雷电冲击响应检测系统不易考虑电晕放电,在上述瞬态冲击参数检测系统中可以尽量避免模拟接地线或者其他测量引线所产生的电晕放电,以保证相应瞬态冲击参数检测系统的准确性。上述模拟接地线可以连接铺设在地面且宽度为2m的铝板,以保证相应的高压直流输电设备的雷电冲击响应检测系统可以达到理想接地状态。放置杆塔模型的平台在布置完基于高压直流输电线路对应的单回路直线塔或者耐张塔的杆塔模型后还应留有一定的空间,以防止检测过程中的相关干扰。

[0021] 雷电冲击电流发生器发出的一次雷电冲击电流通常持续50~100 $\mu$ s(微秒),波头陡度高,可达50kA/s(千安每秒),属于高频冲击波。上述雷电冲击电流发生器可以包括上升时间为5ns(纳秒),脉宽300ns,阻抗50 $\Omega$ (欧姆),电压幅值100V-4000V(伏特),最大电流5A(安培)的试验电流源或者试验电压源等电源设备,可以将上述雷电冲击电流发生器与地面保持绝缘,雷电冲击电流发生器的输出信号(雷电冲击电流)通过电缆或裸铜线等测量引线发送至杆塔模型的顶端。

[0022] 上述电压测量装置可以包括能测量或者获取相应杆塔模型顶端电压值大小、电压波形特征信息(上升沿时间或者下降沿时间等)等电压参数的电压测量表或者示波器等装置。向杆塔模型顶端加入雷电冲击电流发生器发出的雷电冲击电流时,杆塔模型顶端与地端之间的电压参数(如大小,上升沿时间或者下降沿时间等)可以表征相应高压直流输电设备的雷电冲击响应。

[0023] 上述模拟输电线可以包括多根导电性能良好的导线,如图1和图2所示的第一模拟输电线111和第二模拟输电线112,通常情况下,各跟模拟输电线连接在各个杆塔模型顶端的相同侧,各根模拟输电线相互平行,各跟模拟输电线可以通过杆塔模型顶端设置的绝缘子模型连接。

[0024] 本实施例提供的高压直流输电设备的雷电冲击响应检测系统,根据高压杆塔、绝缘子、接地线等高压输电设备以及各个高压输电设备之间的连接关系设置高压输电模型110,对上述高压输电模型中的任一杆塔模型施加雷电冲击电流,以对其工作时遭受的雷电冲击电流进行模拟,并测量上述施加雷电冲击电流的杆塔模型所对应的电压参数,以根据上述电压参数检测上述输电设备所对应的瞬态冲击参数,使高压直流输电设备的雷电冲击响应检测方案可以结合杆塔、安装在上述杆塔上的绝缘子等输电设备的相关形状、尺寸和接地网对电磁暂态冲击流量电流的冲击响应进行检测,可以提高相应瞬态冲击参数检测的全面性,对高压直流输电设备的雷电冲击响应检测具有较高的参考价值,还可以指导上述高压输电设备的防雷设计。

[0025] 在一个实施例中,上述高压直流输电设备的雷电冲击响应检测系统,还可以包括电流测量装置;

[0026] 所述电流测量装置连接在所述杆塔模型的顶端和雷电冲击电流发生器之间；

[0027] 所述电流测量装置用于测量所述雷电冲击电流发生器发出的雷电冲击电流的电流参数。

[0028] 上述电流测量装置可以对相应雷电冲击电流发生器发生的雷电冲击电流进行测量,以获取上述雷电冲击电流的电流值大小、电流波形特征信息(上升沿时间或者下降沿时间等)等电流参数信息,以用于相应高压直流输电设备的雷电冲击响应检测,保证上述瞬态冲击参数检测的完整性。上述电流测量装置可以包括能测量或者获取通过杆塔模型顶端的电流大小、电流波形特征信息(上升沿时间或者下降沿时间等)等电流参数的电流测量表或者示波器等装置。

[0029] 在一个实施例中,上述高压直流输电设备的雷电冲击响应检测系统,还可以包括服务器；

[0030] 所述服务器分别连接电流测量装置和电压测量装置;用于获取电流测量装置测量的电流参数以及电压测量装置测量的电压参数,并根据所述电流参数和电压参数检测所述高压输电模型所对应的高压直流输电设备的雷电冲击响应。

[0031] 上述服务器可以分别通过数据线连接相应的电压测量装置和电流测量装置,还可以通过无线通信方式与相应的电压测量装置和电流测量装置进行通信,比如将电压测量装置和电流测量装置等连接无线通信模块,使电压测量装置和电流测量装置分别通过无线通信模块连接相应的服务器等等。

[0032] 本实施例利用服务器获取相应杆塔模型顶端的电压参数进行相应瞬态冲击参数的检测,可以提高相应的检测效率。

[0033] 作为一个实施例,上述服务器还可以连接雷电冲击电流发生器；

[0034] 所述服务器通过电压测量装置检测模拟杆塔顶端的电压参数,在所述电压参数达到预设的参数范围时,控制所述雷电冲击电流发生器发出雷电冲击电流。

[0035] 上述预设的参数范围可以设置为小于0.5伏特等较小的电压范围,比如,服务器检测到电压测量装置检测到的电压参数所对应的电压值小于某一电压值(电压参数达到预设的参数范围)时,服务器可以控制所述雷电冲击电流发生器发出雷电冲击电流。

[0036] 本实施例利用服务器在杆塔模型顶端的电压参数所对应的电压值为零或者较小时,自动控制雷电冲击电流发生器发出雷电冲击电流,可以提高相应的检测效率。

[0037] 参考图3所示,图3为一个实施例的杆塔模型排列示意图,所述任意相邻两个杆塔模型之间的距离为800mm(毫米),杆塔模型呈直线排列,最低的模拟输电线距杆塔模型的底部1230mm,最高的模拟输电线距杆塔模型的底部2000mm。

[0038] 在一个实施例中,上述绝缘子模型包括设置电压测量端口的环氧树脂板。

[0039] 本实施例中,上述高压直流输电设备的雷电冲击响应检测系统并不需要考虑绝缘子串的闪络过程,只需要利用上述绝缘子模型固定模拟导线的位置。可以采用环氧树脂板模拟绝缘子串,环氧树脂板上可以电压测量端口,便于测量绝缘子串接相应的模拟导线或者测量引线等输电线路。

[0040] 在一个实施例中,上述模拟接地线为半径相同,直径为0.8mm的裸铜线。

[0041] 由于高压直流输电设备的雷电冲击响应检测系统在针对输电设备对应的输电模型进行瞬态冲击参数检测的过程中不易考虑电晕放电,在检测过程中可以尽量避免模拟

导、地线产生电晕放电,以保证瞬态冲击参数检测的准确性。为了便于试验平台建立和相关材料选取,可以采用半径相同,直径为0.8mm的裸铜线,以保证检测过程中,各个参数与实际参数环境的一致性。

[0042] 在一个实施例中,上述杆塔模型为采用镀锌钢焊接而成的模型,所述镀锌钢的直径为11mm。

[0043] 上述杆塔模型的材料采用镀锌钢材料焊接而成,镀锌钢的直径为11mm;为保证杆塔站立时的稳定性,可以在杆塔塔脚分别焊接尺寸为150mm×150mm×10mm的钢板;搭建而成的直流输电线路杆塔模型的结构可以包括塔头、塔身和塔腿等。

[0044] 在一个实施例中,上述高压直流输电设备的雷电冲击响应检测系统,还可以包括用于导电的测量引线;

[0045] 所述测量引线用于连接所述杆塔模型的顶端和雷电冲击电流发生器,雷电冲击电流发生器和地端,所述杆塔模型的顶端和电压测量装置,以及电压测量装置和地端。

[0046] 上述测量引线可以与其连接的杆塔模型的中轴线垂直,连接杆塔模型各根测量引线之间可以相互垂直,以减少相互之间的磁耦合对测量结果的影响。

[0047] 上述测量引线用于将高压直流输电设备的雷电冲击响应检测系统中的各个部分连接起来。其中,连接在杆塔模型的顶端、雷电冲击电流发生器之间以及雷电冲击电流发生器和地端之间的测量引线可以称为电流引线,连接在杆塔模型的顶端和电压测量装置之间以及电压测量装置和地端之间的测量引线可以称为电压引线。测量引线可以包括裸铜线或者其他金属导线等导电性能良好的导线。将上述测量引线自然放置时,上述测量引线为笔直的。

[0048] 作为一个实施例,上述测量引线为裸铜线。

[0049] 裸铜线具有较为优良的导电性能,利用裸铜线连接高压直流输电设备的雷电冲击响应检测系统的各个部分,可以进一步提高相应高压直流输电设备的雷电冲击响应检测系统的检测性能。如图4所示,上述测量引线180可以包括芯线181和屏蔽层182,以保证其工作过程中的安全性。

[0050] 作为一个实施例,上述测量引线的直径范围为0.3至1.2毫米。

[0051] 将测量引线自然放置时,上述测量引线为笔直的,测量引线的直径可以为0.3毫米、1.1毫米或者1.2毫米等值,也可以设置为0.3至1.2毫米之间的其他值。

[0052] 在一个实施例中,上述雷电冲击电流发生器发出上升沿为纳秒级,脉冲宽度为纳秒级的雷电冲击电流,所述电压测量装置的带宽为200兆赫兹。

[0053] 上述雷电冲击电流发生器的设置标准可以包括:选择电压源波形上升时间5ns,脉宽300ns,阻抗50Ω,电压幅值100V-4000V,最大电流5A的试验电压源;将冲击试验电源(雷电冲击电流发生器)连接于电压测量引线下,且与地面保持绝缘,电源(雷电冲击电流发生器)的输出信号(雷电冲击电流)通过电缆或裸铜线发送至相应杆塔模型的顶端。

[0054] 在一个实施例中,上述电流测量装置和电压测量装置的相关标准可以包括:选择输入电容小于2pF(皮法),带宽200MHz(兆赫兹)的高压差分探头;选择输入阻抗为50Ω(欧姆),测量带宽为200MHz的电流探头;电压测量装置和电流测量装置的探头置于电线塔模型上方,用于测量电线塔模型顶端电压和/或电流;电压测量引线(电压引线)和电流测量引线(电流引线)均拉直,且电压引线、电流引线和电线塔模型的中轴线两两垂直,以减少相互之

间的磁耦合对测量结果的影响;为匹配冲击源(雷电冲击电流发生器)的上升沿时间(ns级别),可以选择带宽500MHz,采样率5GS/s的两台示波器对测量波形进行存贮和展示;为避免示波器通道间的相互干扰,电压和电流可以分两次单独进行测量。

[0055] 以上所述实施例的各技术特征可以进行任意的组合,为使描述简洁,未对上述实施例中的各个技术特征所有可能的组合都进行描述,然而,只要这些技术特征的组合不存在矛盾,都应当认为是本说明书记载的范围。

[0056] 以上所述实施例仅表达了本发明的几种实施方式,其描述较为具体和详细,但不能因此而理解为对发明专利范围的限制。应当指出的是,对于本领域的普通技术人员来说,在不脱离本发明构思的前提下,还可以做出若干变形和改进,这些都属于本发明的保护范围。因此,本发明的保护范围应以所附权利要求为准。





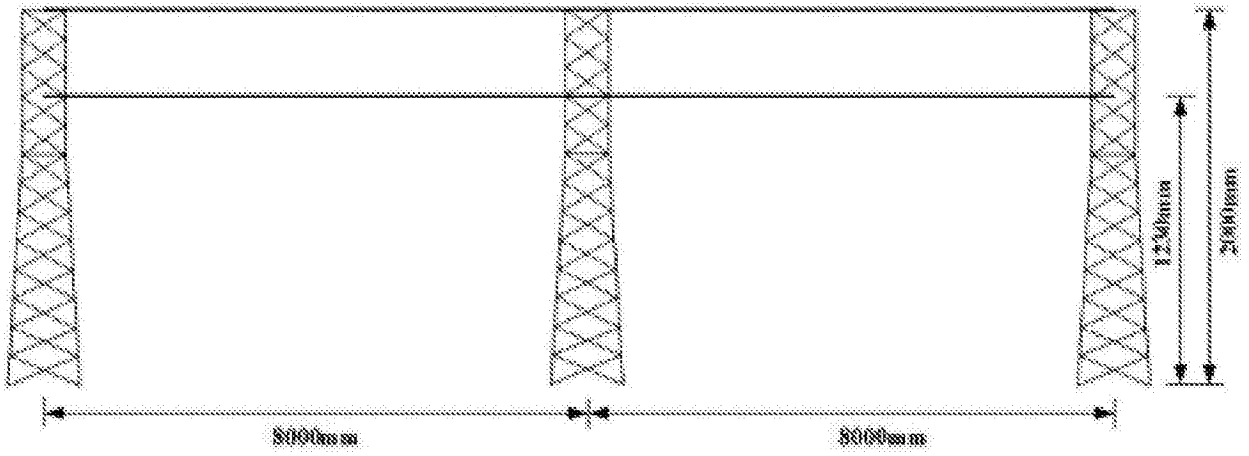


图3

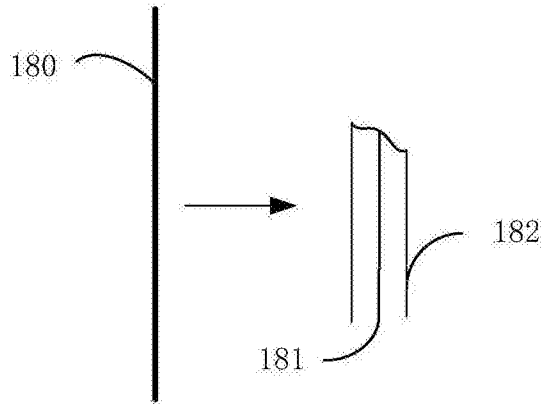


图4