

基于BIM的接地网系统设计与电气仿真

林 奔¹, 桂 宁¹, 董彦松¹, 裘智峰²

(1. 浙江理工大学信息电子学院, 杭州 310018; 2. 鲁汶大学 ELECTA/ESAT 研究组, 比利时鲁汶市 3001)

摘 要: 作为电气安全的重要手段之一,接地网在建筑中扮演了重要且必不可少的角色。在现实建筑设计中,接地网的设计和建筑本身的设计被分割为两个独立和割裂的设计过程。割裂的设计过程使得接地网的设计常常无法充分考虑建筑的特殊需求,特别是新能源建筑如一体化光伏建筑带来的新的需求。提出一个基于建筑信息模型(building information model, BIM)的建筑接地网统一设计平台,在BIM平台实现了对接地网的设计、计算的一体化服务。构建了基于BIM模型的接地网相关的设备模型,充分利用基于BIM的建筑3D模型、电气设备信息、线路模型来精确地计算系统最大短路电流。在此基础上,通过获取的建筑接地网的信息和土壤模型,实现了基于有限元算法的接地网计算,计算结果直接以3D形式呈现在建筑信息模型中。该平台已经应用在一个光伏建筑的接地网设计中,获得了较好的效果。

关键词: 电气;建筑;安全;接地网;BIM

中图分类号: TS195.644 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-3851(2016)02-0257-08 **引用页码:** 030505

0 引 言

为了保障人员的人身安全,建筑中的电器设备在运行、使用中都必须通过各类接地装置来获得良好的接地。通过将电气设备的某些部位、电力系统的某点与大地连接,提供故障电流及雷电流的泄流通道,稳定电位,以确保电力系统、电气设备的安全运行^[1]。建筑的接地系统的合理与否直接关系到人身和设备安全^[2]。已经有一系列的规范对接地网的接地电阻、跨步电压、接触电压的计算有着较为严格的要求^[3]。

随着建筑的规模不断发展,建筑的电力规模不断扩展,特别是光伏等新能源的引入,建筑的短路电流也不断增大。然而,成本和土地资源的约束却要求接地网的面积小型化,这相互矛盾的需求对建筑的接地设计提出了较高的要求:必须在保证安全的前提下,对接地网的设计进行精确化设计。精确化的接地网设计必须充分地考虑建筑本身的外形,电

气布局等模型信息。而这些模型信息在目前的设计中都未予重视。

然而,目前电气安全设计与建筑设计这两个设计通常被划分为独立不相关的两个设计过程,两个过程中人员割裂、数据割裂、模型不统一。电气设计主要由电力设计人员来完成,主要倾向于电气系统的电气系统设备建模,拓扑结构设计等。在通过将电气系统数字化的前提下,进行相关的电气仿真^[4-5],如潮流计算、短路计算等等,在计算的过程中,电力设计人员需要根据这些设计软件的需求,输入相关数据和模型信息。由于建筑内部的电气系统繁杂,需要大量建模和手动输入数据工作。电力系统分析软件如PTW的GroundMat和ETAP的Ground Grid Design Assessment,需要设计人员手动对于建筑电气模型进行建模,工作量大。专业的接地网软件可以生成复杂高效的接地网,但是对于短路电流的计算,通常严重依赖于专家经验进行简化后的预估。建筑设计人员在建筑设计的过程中,

收稿日期: 2015-07-01

基金项目: 国家自然科学基金项目(61202050);浙江省重大技术专项研究项目(2013C01039)

作者简介: 林 奔(1990-),男,浙江温州人,硕士研究生,主要从事智能电网规划方面的研究。

通信作者: 桂宁, E-mail: ninggui@gmail.com

通常使用 BIM(building information model)对于建筑进行三维数字化建模^[6-8]。BIM 模型使得在建筑设计不同周期的模型信息可以重复、一致地使用,避免了模型不一致的问题^[9-11]。特别是现在 BIM 系统中的建筑机电设备 MEP (mechanical, electrical and plumbing, MEP) 支持已经较为完善^[12],在工程实际中已经广泛地应用于电力设备的部署、线缆连接、新能源设备等建模,以便更好地指导施工。然而,这些模型在现有的接地网设计中并未得到充分应用。隔离的设计模式导致电气系统模型和建筑 BIM 模型构件有着大量的重复且非共享工作,工程成本高,周期长,常常出现由于模型不一致导致的问题纠纷。

本文设计了一个基于 BIM 的接地网设计软件,充分利用现有的 BIM 软件对于建筑内部电力设备、线路、接地网和土壤等信息进行建模。根据这些信息对建筑电力系统进行短路电流计算,通过 IEC60909 标准得到准确的短路电流,并结合在 BIM 模型中构建的接地网和土壤等模型,利用有限元方法计算的地表电位升,接触电压和跨步电压,以指导接地网的进一步的修改。本系统的基于 Autodesk 的 Revit 软件开发,实现了接地网的可视化设计和计算结果三维可视化的展示。

1 建筑电气及接地网集成建模

按照美国国家标准技术研究院给出的定义:“BIM 是设施物理和功能特性的数字表达;BIM 是一个共享的知识资源,是一个分享有关这个设施的信息,为该设施从概念到拆除的全寿命周期中的所有决策提供可靠依据的过程;在项目不同阶段,不同利益相关方通过在 BIM 中插入、提取、更新和修改信息,以支持和反映各自职责的协同工作。”^[13] BIM 提供了公共接口,允许项目的不同参与方对模型进行扩展。这就意味着现有的 BIM 模型可以进行扩展,添加接地网设计所需的模型支持。按照接地网的 IEEE-80th-2000 计算标准,接地网的设计需要以下三大模型的支持:建筑电气模型、接地网模型和土壤模型。

1.1 基于 BIM 的建筑电气模型构建

电气系统建模是目前建筑的一个重要组成部分,现有的 BIM 软件通常提供了丰富的电气系统模型,如 Autodesk Revit 的 MEP 模块,提供了大量建筑电力系统设计支持。在一定的第三方扩展的支持下,可以满足基本的电气系统设计。如常见的线缆、接线盘、办公电气等。

由于需要对于带光伏板的光伏建筑进行接地网设计,为了有效地支持光伏设备的建模,进行了以下扩展:

a) 光伏电气设备的三维模型构建,为了实现可视化的建筑电气设计,构建了基于光伏设备的电气模型;

b) 电气属性设计:为了为后期的电气计算提供支持,目前的 Revit 族内置属性比较有效,这里对于不同的电气设备的 BIM 模型进行扩展:包括设备额定电压,额定电流,等效阻抗等。

通过构建集成物理属性和电气属性的电气设备模型,设计人员可以在现有的建筑模型上对电气系统进行详细设计。根据设计方案将电气设备模型通过线路模型进行电气连接,构成所需的建筑电气系统,如图 1 所示。一般来说,建筑电气系统建模包括负载设备、配电设备、供电设备以及设备间的正确连接。由于 BIM 模型的开放性,建筑电气系统所有的相关属性可以通过一定的编程接口从 BIM 模型中读取。这就为基于 BIM 模型的电气计算提供了数据基础。

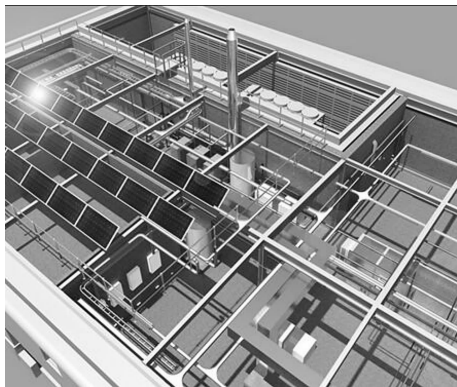


图 1 基于 BIM 的建筑电气

1.2 土壤及接地网模型构建

为了有效地设计接地网,必须充分考虑建筑构建环境土壤的特性:土壤的材质不同意味着土壤电阻率的不同,土壤的厚度的不同意味着电阻的不同。这就需要对 BIM 模型中的土壤模型进行扩展,扩展参数包括土壤电阻率、表层材料电阻率和表层材料的厚度等。

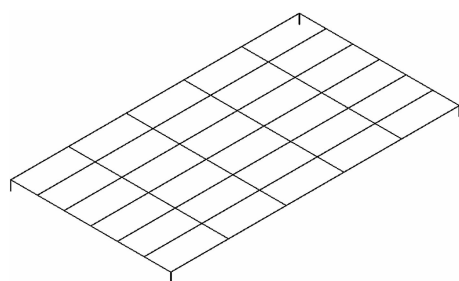
参数化接地网设计,在接地网设计的过程中,由于不同的建筑存在,接地网的设计必须适应不同的需求。设计了参数化的接地网族,如图 2 所示。

a) 参数化的接地网结构:通过族的参数化控制接地网的大小, x/mm 为水平直角坐标轴的 x 方向的导体长度, y/mm 为水平直角坐标轴的 y 方向上

的导体长度,决定了接地网的面积。 $Vlength/mm$ 为垂直接地体的长度, dy/mm 为 y 方向的间隔, dx/mm 为 x 方向的间隔, nx 为 x 方向的导体数目, ny 为 y 方向的导体数目,决定了接地网的密集程度。参数化的结果直接反应在接地网模型中。

b) 接地网电气特性:包括材质,接地网的尺寸,接地网所埋的深度,导体的横截面积和数目。作为电气仿真的输入参数直接读取到后台引擎计算出地面电位,接触电压和跨步电压。计算结果直接反应在接地网模型中。

接地网模型构建后,可以直接集成在建筑 BIM 模型中。由于 BIM 模型的全生命周期支持,可以直接导出为施工图纸,为接地网的施工提供支持。



(a) 接地网模型

参数	值	公式
材质和装饰		
材料	铜	=
尺寸标注		
y (默认)	32000.0	=
$vlength$	3000.0	=
x (默认)	17770.0	=
h (深度)	600.0	=
dy (默认)	6376.6	$= (y - 117 \text{ mm})$
dx (默认)	2937.3	$= (x - 146.1 \text{ m})$
分析结果		
垂直导体横截面	1200.000	=
水平导体横截面	120.000	=
其他		
nx (默认)	6	=
ny	7	=

(b) 接地网电气属性

图2 接地网模型及电气属性

2 建筑电气及接地网仿真计算平台

建筑、电气和接地网模型构建于一个统一的 BIM 模型后,必须对接地网设计的正确性进行仿真计算并对结果进行可视化输出。设计了建筑接地网仿真设计平台,该平台由三大主要模块组成:数据获取模块,接地网相关的电气系统的计算分析模块和结果显示输出模块,如图3所示。

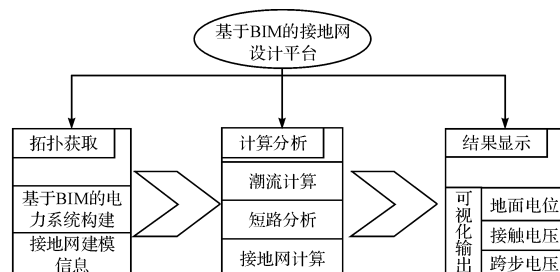


图3 软件体系结构

2.1 基于 BIM 的建筑电力模型精确获取

接地网设计是为电气系统的安全服务并且也严重依赖于建筑的内部电气属性。获取 BIM 模型中相关的数据信息是接地网设计的基础:主要包括电气系统的拓扑结构、电气设备的电气参数、土壤模型和接地网模型。

2.1.1 电力设备拓扑结构和电气信息获取

在一个完整的建筑电力系统中,系统中一般包含负载设备,配电设备,供电设备以及设备间的正确连接。一般来说,现有的 BIM 模型的电力支持为树形结构,下级设备连接到上级配电盘,配电盘直接也呈树形连接。

为了获取电气系统的拓扑结构和电气设备的电气参数,首先从模型中过滤得到所有电气设备,根据负载设备,配电设备和供电设备各自的电气参数过滤得到各自电气设备集合。通过建立设备的 ID 和原名称的映射关系将负载设备、配电设备和供电设备的名称改为设备的标志 ID,确保设备名称的唯一性。对节点的供电设备,配电设备和负载设备的电气信息,节点与节点之间的线路信息和节点之间的连接关系进行数据的初始化,遍历所有的配电设备和供电设备,通过判断节点之间的连接关系的逻辑值来获取各个节点的节点信息和节点之间的线路信息,从而可以获得整个电气系统的拓扑结构信息。最后通过设备 ID 和名称的映射关系,还原设备名称,导出整个电气系统的拓扑结构信息。获取电气系统的拓扑结构和电气设备的电气参数流程如图4所示。

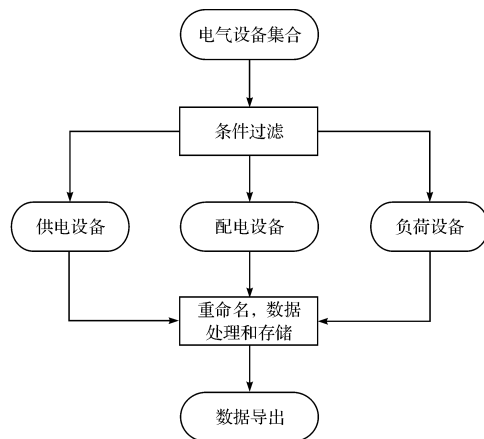


图4 电气系统的拓扑结构和电气参数获取

拓扑信息获取后,还需要对相应的数据进行后处理。

a) 根据线路参数的长度,材质和截面积,由线路长度选取相应的线路模型计算线路阻抗。线路短时,无需考虑分布电容的影响,选取短线路模型。线路长时,需要考虑分布电容的影响,选取 PI 模型。

b) 根据短路模型的需要将原基础数据转换为计算引擎所需格式。进行短路电流计算时,需要确定短路故障位置,从而计算该故障点的等效阻抗作为短路计算时的重要参数。

2.1.2 接地网和土壤信息的精确获取

由于接地网和土壤模型都是建立在族模板的基础上,具有自定义的可扩展功能。同时在 Revit SDK 中也提供了相应的编程接口,对基于族模板的扩展信息都能进行全部读取。因此,对接地网和土壤模型的扩展属性都可以通过编程接口进行读取。

2.2 接地网分析计算

分析计算可分为潮流计算、短路分析和接地网计算。

2.2.1 潮流计算

潮流计算就是按给定的电力系统接线方式、参数和运行条件,采用一定的方法确定电气系统各部分稳定运行状态下参量的计算。待求的运行状态参量包括建筑电气系统各节点的电压及其相位角,以及流经各条支路的功率、网络的功率损耗等。通过 BIM 模型获取建筑电气系统的拓扑结构和电气设备的电气参数后需要对电气参数进行数据格式的转换,按照节点参数、线路参数和电源参数三类进行整理。采用牛顿法进行潮流计算,由获取后经过整理的数据作为初始解,采用前推回代法在此基础上找到比初始解更好的解,一步步地迭代就可以获得最接近方程的解,即得到建筑电气系统的潮流分布。

本项目的建筑内部的潮流计算软件采用了 Matpower 工具箱中的牛顿-拉夫逊模型。Matpower 是基于 Matlab 的开源工具箱,保证了计算结果的可靠性^[14-15]。

2.2.2 短路分析

为了保障电气系统的安全运行,必须对可能发生的短路故障进行计算,作为继电保护和接地网设计的重要依据。短路故障分为对称短路故障和不对称短路故障,其相对应的计算方法如下。

a) 对称短路故障:利用对称短路故障的三相对称性,对其进行单相等效化,确定短路位置后计算短路回路的总等效阻抗,再根据潮流计算所得出的线

路电压,由欧姆定律求解短路电流。

b) 不对称短路故障:由于不对称短路故障的不对称性,尤其针对在建筑电气系统内发生频率较高的单相短路故障,采用对称分量法将不对称短路时的等效阻抗分解为正序阻抗、负序阻抗和零序阻抗 3 个分量,再根据潮流计算所得出的线路电压进行计算解得单相短路电流。

从 BIM 模型中获得建筑电气系统的拓扑结构和电气参数后,采用牛顿法计算 BIM 模型中建筑配电网的潮流分布,获得各个节点的电压的幅值和相角及线路的功率损耗等,通过 IEC60909 短路电流计算标准对建筑配电网进行短路故障模拟,在 BIM 模型中选择故障节点,构建短路电流模型,计算故障节点的短路电流,将各个节点的计算结果进行比较,从 BIM 中准确获得最大短路电流。由于负载、线路信息直接从 BIM 模型中获取,不需要常见的接地网设计过程中对于负载、线路等进行再建模过程。同时,由于获取的是整个建筑的整体的发电、用电、拓扑信息的准确信息,不会出现现有接地网计算中对负载、线路使用简化的模型导致最大短路电流计算结果不准确问题。

与建筑潮流计算不同的是,在进行短路故障仿真时,在确定短路故障的地点后,需要额外提供一个线路短路模型:如故障点位置、短路阻抗和短路模型参数。该短路模型将在一定程度上改变建筑原本的电气特性,必须集成到最终的短路电流计算中。在本平台中,允许用户对短路节点直接在 BIM 电气模型中进行选择,简化了用户的输入复杂度。短路阻抗目前需要用户在短路对话框中手动输入或者取系统默认值。

2.2.3 接地网计算

接地网的计算方法可分为基于 IEEE 标准和有限元数值分析。由于基于 IEEE 标准的计算方法不能对接地网进行完整地、连续地计算地面电位、接触电压和跨步电压的分布。因此,本平台采用有限元方法进行计算。

有限元法的计算原理是将整个连续的区域划分为一系列的子域进行表示。在每个子域里,利用带有未知量的目标函数得到对应子域中的方程,进而得到一组代数方程组。最后通过求解方程组得到边值问题的解。根据有限元数值计算方法,对接地网模型的仿真输入参数进行分析,对接地网进行单元划分,计算单元两端的坐标,存入坐标数组;由坐标计算两点之间的距离,根据距离进

行判断,选择相应的点源公式计算接地网的自电阻和互电阻,再对短路计算中所得的最大短路电流进行单元化,计算单元电流进入大地后所引起的地面电位升,最后进行积分求和计算总的地面电位、接触电压和跨步电压,并把计算结果与允许的接触电压和跨步电压作比较。若结果合理,则计算结束;若结果不合理,则修改数据,重新设计计算。接地网计算流程如图 5 所示。

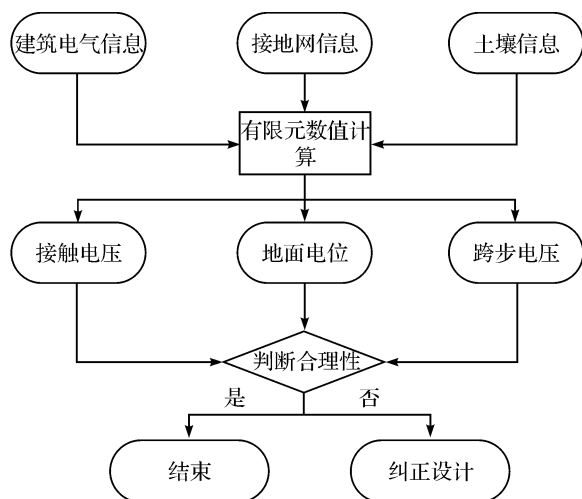


图 5 接地网计算流程

2.3 计算结果的 3D 输出

为了更好在 BIM 模型中直接查看计算结果,平台提供了基于 BIM 模型的三维可视化的数据展现方法。数据结果在 BIM 模型中的展示的实现利用了 Revit SDK 所提供的 Analysis Visualization。

为了有效地对数据进行显示,本平台将接地网平面进行单元化分割,分割后的单元进行与接地网计算结果值进行映射。映射后,计算结果值都会用对应的单元格坐标进行标记,代表接地网某处计算结果值。接地网的计算结果的显示精度可以根据接地网网格的精细度进行控制。接地网单位网格面积被分割得越细,那么显示精度就会越高。数值的显示可以通过颜色或者数值两种不同方式进行显示。

3 数据验证和实例分析

3.1 系统计算精度验证

为验证系统计算的准确性,针对一些接地网,将系统与国际知名接地网计算分析软件 ETAP 进行了详细对比,现列部分结果如下。

接地网尺寸取 $100 \times 100 \text{ m}^2$,土壤电阻率取 $100 \Omega \cdot \text{m}$,入地短路电流为 1 kA ,改变接地网的横纵导体数目和水平接地网所埋深度,验证结果如表 1 所示。

表 1 本平台和 ETAP 计算结果比较

横轴导体数 \times 纵轴导体数	埋深/m	本平台计算的接地电阻/ Ω	ETAP 计算的接地电阻/ Ω	本平台相对于 ETAP 的相对误差/%
2 \times 2	0.6	0.684	0.706	-3.12
4 \times 4	0.6	0.565	0.550	2.73
8 \times 8	0.6	0.503	0.482	4.36
20 \times 20	0.6	0.466	0.446	4.48
6 \times 8	0.6	0.512	0.490	4.49
12 \times 15	0.6	0.478	0.457	4.60
20 \times 10	0.6	0.475	0.453	4.86
10 \times 10	0.1	0.495	0.487	1.64
10 \times 10	0.5	0.492	0.471	4.46
10 \times 10	1.0	0.487	0.463	5.18

由表 1 可知,在大部分情况下,本平台相对于 ETAP 的相对误差在 5% 以内,体现了本平台较高的准确性。

3.2 实例分析

本案例在 Revit 平台中进行,计算以并网工作的 0.3MW 光伏系统微电网接地-安全工程,带

有屋顶光伏的建筑电气 3D 模型,如图 6(a) 所示。

a) 基于建筑电气模型的短路电流计算

如图 6(b)所示,在获取光伏建筑的电气拓扑信息后,对该建筑电气的各个母线进行单相短路电流计算,结果如表 2 所示。

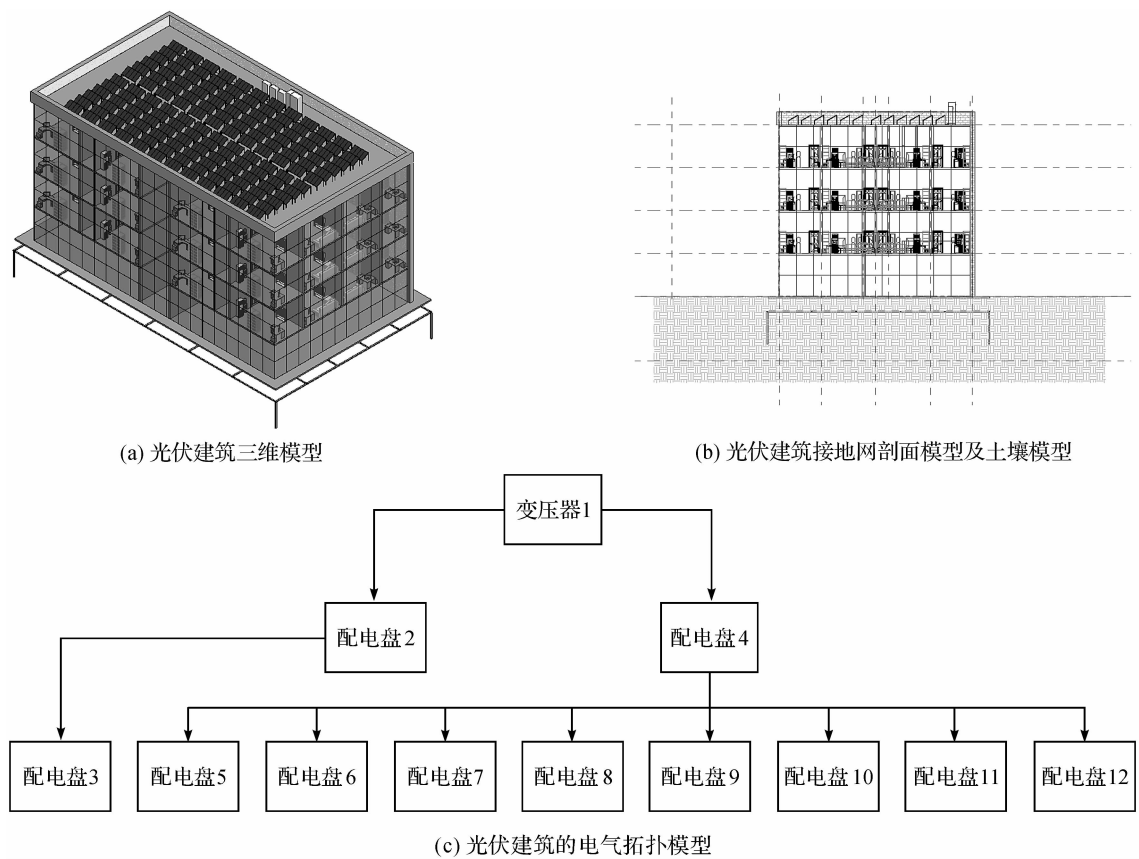


图6 光伏建筑模型的不同剖面模型

表2 短路分析结果

母线编号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
单相短路电流/kA	45.00	17.07	13.95	16.05	12.83	15.53	14.52	1.06	12.06	0.78	11.08	0.63

由表2可知,该建筑电气系统的短路电流最大为45.00 kA。应该用此电流进行接地网设计。

b) 接地网设计

由于江南地区多雨,土壤湿度大,采用 $100\ \Omega\cdot\text{m}$ 的土壤电阻率,表层材料电阻率为 $2500\ \Omega\cdot\text{m}$,土壤模型如图6(b)所示。

该电气建筑工作面积为 $30\times 15.77\ \text{m}^2$,周边外延伸2 m后的计算面积为 $32\times 17.77\ \text{m}^2$ 。取厂房周边分布3 m的接地极,地极用铜条连接;将地极和厂房区域内地基的钢条焊接,形成一个接地网。接地网在地面以下0.6 m处,接地网设计如图2所示。

在获取建筑电气信息,土壤信息和接地网信息后,先计算接地网的允许接触电压和跨步电压,结果为:允许接触电压为1592.8 V,允许跨步电压为5155.3 V。

再根据接地网技术模块,计算接地网的地面电位,接触电压和跨步电压。计算结果发现,地面电位

为8301V;计算最大接触电压为1630.6V,位置坐标为 $x/\text{m}:10.8,y/\text{m}:22.6$;如图7(a)所示。由于程序设定的输出结果,超出限制部分的颜色由深色显示,输出结果很容易看出接地网的接触电压超限,接地网设计不合理。计算最大跨步电压为1079.3 V,位置坐标为 $x/\text{m}:42.8,y/\text{m}:4.8$;满足要求,这里就不再显示。

由接地网计算时的输入信息可知,解决厂区安全问题的方法是多样的:修改接地网本身参数;修改土壤模型参数;修改短路电流值。这里采用第一种方法,修改水平导体的数量, x 方向改为10, y 方向改为8,增加接地网水平导体分布的密度。计算结果发现,地面电位为8064.5V;计算最大接触电压为1495.6V,位置坐标为 $x/\text{m}:10.8,y/\text{m}:22.6$;计算最大跨步电压为1036.3V,位置坐标为 $x/\text{m}:42.8,y/\text{m}:22.5$;计算结果合理,改进后的接触电压分布如图7(b)所示,满足接地网安全性要求。

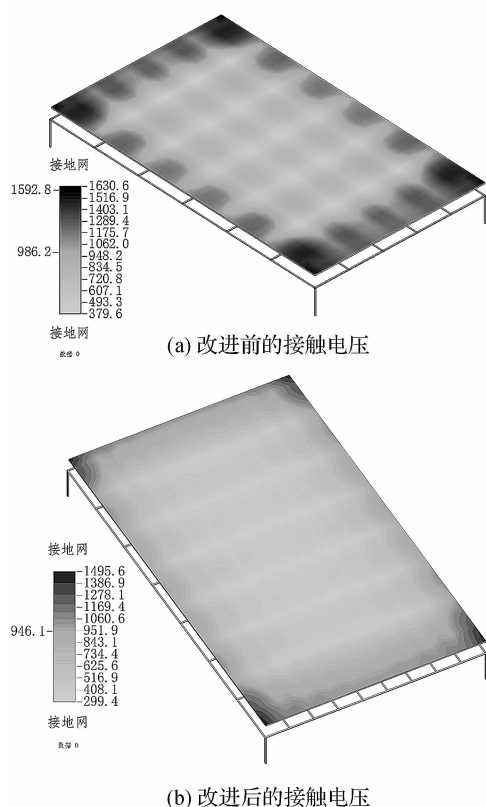


图7 改进前后地面接触电压分布

4 结 语

针对建筑设计与电气信息的关联性弱的问题,提出一个集成电气信息和建筑信息的接地网模型,实现接地网从设计仿真到建筑施工的一体化服务。通过同一个公共模型可以获取到建筑方所需的建筑信息和电气方所需的电气仿真信息。根据有限元数值方法,计算了接地网的接地电阻、地面电位升、接触电压和跨步电压四大指标。基于 BIM 模型进行接地网设计将接地网物理设计和电气设计结合,不仅提供接地网电气仿真的数据支持,而且提供了良好的用户界面,整个设计过程可以在 BIM 模型中三维显示出来。不仅迎合了 BIM 与电气的融合应用,而且进一步发展了 BIM 的电气模型,使 BIM 的解决方案得到完善。

参考文献:

- [1] 李欣. 接地网地面电位分布及梯度分布的计算研究[D]. 成都:西华大学,2010.
- [2] 王洪泽,杨丹,王梦云. 接地技术手册[M]. 北京:中国电力出版社,2007.
- [3] 中华人民共和国住房和城乡建设部,中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. 交流电气装置的接地设计

规范:GB 50065-2011[S]. 北京:中国计划出版社,2011.

- [4] 马俊阳,吴在军,窦晓波,等. 电力系统接地网仿真计算分析系统的设计及实现[J]. 电测与仪表, 2014, 51(9): 6-12.
- [5] 卢玲. 论变电站接地网装置设计[J]. 科技与企业, 2013 (24): 336.
- [6] NATH T, ATTARZADEH M, TIONG R L K, et al. Productivity improvement of precast shop drawings generation through BIM-based process re-engineering [J]. Automation in Construction, 2015, 54: 54-68.
- [7] WANG C, CHO Y K, KIM C. Automatic BIM component extraction from point clouds of existing buildings for sustainability applications[J]. Automation in Construction, 2015, 56: 1-13.
- [8] KIM J B, JEONG W, CLAYTON M J, et al. Developing a physical BIM library for building thermal energy simulation [J]. Automation in Construction, 2015, 50: 16 - 28.
- [9] GAO G, LIU Y S, WANG M, et al. A query expansion method for retrieving online BIM resources based on Industry Foundation Classes [J]. Automation in Construction, 2015, 56: 14-25.
- [10] SOLIHIN W, EASTMAN C. Classification of rules for automated BIM rule checking development [J]. Automation in Construction, 2015, 53: 69 - 82.
- [11] EBRAHIM P K, LRIZARRY J. Extending BIM interoperability to preconstruction operations using geospatial analyses and semantic web services [J]. Automation in Construction, 2015, 53: 1 - 12.
- [12] FENG C W, CHEN Y J, LEE K W. BIM model-based Mechanical, Electrical and Plumbing (MEP) integration and coordination system [J]. Gerontechnology, 2012, 11(2): 74.
- [13] 何清华,钱丽丽,段运峰,等. BIM 在国内外应用的现状及障碍研究[J]. 工程管理学报, 2012(1): 12-16.
- [14] ZIMMERMAN R D, MURILLO-SÁNCHEZ C E, Thomas R J. Matpower: Steady-state operations, planning, and analysis tools for power systems research and education [J]. Power Systems, IEEE Transactions on, 2011, 26(1): 12-19.
- [15] ZIMMERMAN R D, MURILLO-SÁNCHEZ C E. Matpower 4.1 user's manual[EB/OL]. (2011-12-14) [2015-07-01]. <http://pser.wisc.edu>.

Design of BIM-Based Ground Grid System and Electric Simulation

LIN Ben¹, GUI Ning¹, DONG Yansong¹, QIU Zhifeng²

(1. School of Information Science and Thechnology, Zhejiang Sci-Tech University, Hangzhou 310018, China; 2. ELECTA/ESAT Group, KULeuven, Leuven 3001, Belgium)

Abstract: As one of the key electrical safety measurements, grounding grid plays an important role in the architecture. In the process of practical architectural design, grounding grid design and architectural design are completely separated into two independent design processes. This separation prevents the design of grounding grid from being able to take full consideration of the complex requirements of architecture, especially the new requirements brought by new energy buildings such as the photovoltaic building (building information photovoltaic, BIPV). This paper presents a uniform BIM-based grounding grid design platform, which provides the integrative services of grounding grid design and calculation. Equipment models related to BIM-based grounding grid were made and the accurate maximum short circuit current of system was calculated by fully utilizing the BIM-based 3D models, electrical models and transmission line models. Accurate electrical topology can be built based on the BIM model. Based on such information, the calculation of grounding grid based on finite elements was realized via the information and soil model of building grounding grid acquired and the calculated results directly displayed in BIM (building information model, BIM) in the form of 3D. This platform has been used practically in designing a grounding grid of a Building Integrated Photovoltaic (BIPV) and good application results have been achieved.

Key words: electrical; building; safety; grounding grid; BIM

(责任编辑: 陈和榜)

(上接第 256 页)

Research on Micro-grid Cooperative Control Based on Multi-Agent System

KONG Zhaoyang¹, GUI Ning¹, BAO Xiaolan¹, QIU Zhifeng², HU Zengjian¹

(1. School of Information Science and Technology, Zhejiang Sci-Tech University, Hangzhou 310018, China; 2. ELECTA/ESAT Group, KULeuven, Leuven 3001, Belgium)

Abstract: In view of the defects of the traditional centralized control and decentralized control, this paper put forward a method for coordination and scheduling of micro-grid control strategy based on multi-agent system, and designed and deployed a master control agent for scheduling and multiple sub-agents for independently managing the entities in the micro-grid. The master control agent coordinates and schedules control decisions of each different sub-agent, and sub-agent will locally execute the specific scheduling. All the agents work together to ensure that micro-grid keeps stable operation in the changing environment. The interaction between agents were carried out with the assistance of open-source java agent development framework, JADE and by following the Foundation for Intelligent Physical Agents (FIPA) standard definition. A micro-grid model was built by using Matlab / Simulink software, and the simulation was carried out during grid-connected pattern, isolated pattern and grid-connected /isolated switch pattern conditions to simulate each agent coordination and scheduling process. The simulation results demonstrate the feasibility and effectiveness of the design.

Key words: multi-agent system; micro-grid; JADE; Agent

(责任编辑: 陈和榜)