

基于耦合场的通风电缆沟敷设电缆载流量计算及其影响因素分析

杨永明¹,程 鹏¹,陈 俊²,杨 帆¹

(1. 重庆大学 输配电装备及系统安全与新技术国家重点实验室,重庆 400044;

2. 重庆市电力公司 电网检修分公司,重庆 400015)

摘要: 根据电缆沟通风系统内流体流动与传热特点,建立电缆沟通风系统三维流体流动与传热耦合计算模型,给出求解域相应的边界条件和假设条件,采用有限元法对流体场和温度场方程进行耦合计算,得到电缆沟内流体速度分布和电缆表面温度分布特性,验证了耦合模型的正确性;并在求得电缆表面最高温度的基础上,利用电缆区域的等值热路法和数值迭代法计算了电缆允许载流量。此外,基于该模型通过实例仿真得出了不同影响因素对通风电缆沟敷设电缆允许载流量的影响规律:电缆载流量随着进风速度的增大而增大;进风温度每升高 1 K,电缆允许载流量相应下降约 5.6 A;随着电缆隧道通风长度的增加,电缆允许载流量随之下降。

关键词: 载流量;强制通风;有限元法;等值热路法;数值迭代法;电缆

中图分类号: TM 247

文献标识码: A

DOI: 10.3969/j.issn.1006-6047.2013.07.024

0 引言

考虑到城市规划和景观的需要,电缆越来越多地采用地下敷设方式。与其他敷设方式相比,电缆沟敷设方式具有走向灵活且能容纳较多电缆、增加电缆回路数、不需要工井、电缆进出方便、占地少和投资省等优点,因此被广泛使用^[1]。

电缆沟内电缆运行时产生热量,如果不能被及时带走,不仅会使得电缆沟内空气温度升高,电缆的载流量和缆芯利用率降低,直接造成经济损失,还会加速电缆绝缘层的热老化,影响电缆寿命和整个电网的安全运行;相反,若对电缆沟进行人工强制通风,冷却空气流过电缆沟可将由电缆损耗散发的热量带走,改善其散热条件,达到冷却电缆缆芯的目的,从而提高电缆载流量。同时,实际电缆沟内由于废气沉积以及微生物的生长,霉味较重,空气质量差,对于巡视检修人员的身体健康也是不利的。因此,电缆沟进行通风设计和改造,对保障电缆的经济、可靠运行以及改善作业环境具有重要意义^[2-4]。

地下电缆温度场计算方法主要有 2 种:一种是基于 IEC60287 标准的解析法^[5-7];另一种是数值计算法,常用的数值计算方法包括边界元法^[8]、有限差分法^[9]、有限容积法^[10]以及有限元法^[11-12]等。现有文

献对地下电缆温度场和载流量做了一定研究,但涉及电缆沟通风和热-流耦合场计算的甚少^[13-14]。为了改善电缆散热条件以提高电缆允许载流量,电缆沟通风系统将会被越来越多地采用,因此,开展具有通风系统电缆沟内多物理场耦合的研究也具有重要意义。

本文在流体力学^[15]理论和传热学^[16]理论的基础上,结合通风电缆沟内流体流动与传热特点,建立了电缆沟通风系统内三维流体场与三维温度场耦合求解的物理模型和数学模型,采用有限元法对其进行准确计算,得到了通风电缆沟内三维流场的速度分布和电缆以外区域的三维温度场分布,验证了耦合模型的正确性。根据求得的电缆表面最高温度,运用等值热路法^[17]和双点弦截法^[13],计算得到了一定通风条件下的电缆允许载流量。此外,分析并总结了入口风速、入口流体温度和通风长度对于通风电缆沟敷设电缆载流量的影响规律,为工程实际中电缆沟通风方案的选取提供了理论指导。

1 通风电缆沟系统耦合场模型

1.1 物理模型

通风电缆沟设计^[14]采用竖井集中送、排风的纵向通风方式,如图 1 所示,利用鼓风机和引风机在电

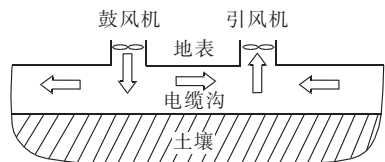


图 1 电缆沟通风示意图

Fig.1 Schematic diagram of cable trench ventilation

收稿日期:2012-07-17;修回日期:2013-05-26

基金项目:国家自然科学基金资助项目(51007096);中央高校自主课题资助项目(CDJZR10150001)

Project supported by the National Natural Science Foundation of China(51007096) and the Funds for Central Universities (CDJZR10150001)

缆沟隔一定距离的两端进行强制送风和排风,从一端送入温度较低的空气,并在另一端排出温度较高的空气,即利用空气的热交换带走电缆沟内的热量。根据电缆沟的尺寸以及电缆的结构参数、敷设参数,对电缆区域建立了一个三维闭域场的几何模型,如图 2 所示。

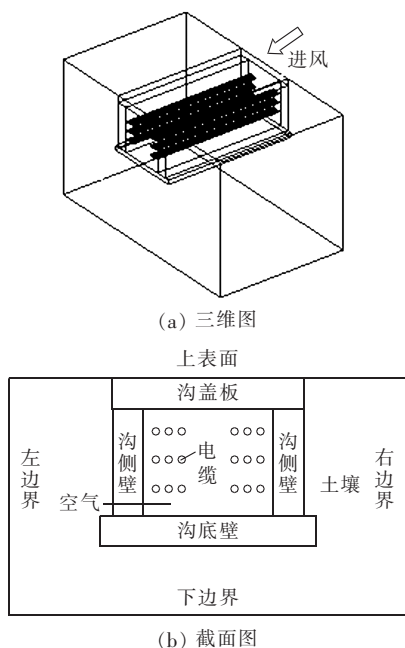


图 2 通风电缆沟敷设 6 回路电缆模型
Fig.2 Map of six-loop cable system in ventilated trench

1.2 数学模型

1.2.1 基本假设

a. 在采用大气压下空气冷却的通风电缆沟中,忽略浮力和重力的影响;

b. 由于只研究通风电缆沟内流体流速和电缆温度的稳定状态,因而控制方程不含时间项;

c. 流体垂直于进风面进入通风电缆沟,沿电缆沟轴向方向从出风面流出;

d. 电缆各组成材料均为各向同性均匀介质,且各部分物性参数均为常数。

1.2.2 三维流体场数学模型

1.2.2.1 控制方程

根据流体力学理论^[15],电缆沟内通风冷却系统内的空气流体的流动要遵循 3 个最基本的守恒定律,即质量守恒定律、动量守恒定律及能量守恒定律。这些守恒定律的控制方程可写成如下形式:

$$\nabla \cdot (\rho \mathbf{u}) = 0 \quad (1)$$

$$\rho(\mathbf{u} \cdot \nabla \mathbf{u}) = -\nabla p + \mu \nabla^2 \mathbf{u} \quad (2)$$

$$\rho c_p \mathbf{u} \cdot \nabla T_f = \lambda \nabla^2 T_f \quad (3)$$

其中, ∇ 为矢量微分算子; ρ 为流体密度 (kg/m^3); $\mathbf{u}$ 为流体的绝对速度矢量 (m/s); p 为流场的压力 (Pa); μ 为流体动力粘度 ($\text{Pa} \cdot \text{s}$); T_f 为流体介质温度 (K);

λ 为流体的导热系数 ($\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$); c_p 为流体比热容 ($\text{J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$)。

1.2.2.2 边界条件

对于流体流动问题的数值求解,除了使用求解域控制方程以外,还需要指定边界条件。有限元法分析通风电缆沟内三维流体场的边界条件如下:

a. 对于通风电缆沟的进风口,入口风速 u_{in} 已知,符合第一类边界条件;

b. 对于通风电缆沟的出风口,出口压力为 1 个标准大气压,符合第二类边界条件;

c. 对于通风电缆沟 4 个内壁和电缆外表面,由于空气流体的粘性,均为无滑移边界条件,即 $u_{\text{wall}} = 0$,符合第三类边界条件。

1.2.3 三维温度场数学模型

1.2.3.1 控制方程

根据传热学^[16]理论,热传导微分方程为:

$$\nabla \cdot (\lambda \nabla T_s) + Q = 0 \quad (4)$$

其中, λ 为介质的导热系数 ($\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$); T_s 为固体介质温度 (K); Q 为介质单位体积发热率 (J/m^3)。

1.2.3.2 边界条件

根据传热学理论,传热问题中的常见边界条件有 3 类,其控制方程可描述为:

$$\begin{cases} T(x, y, z)|_{\Gamma_1} = f(x, y, z)|_{\Gamma_1} \\ \lambda \frac{\partial T}{\partial n}|_{\Gamma_2} = q_n \\ -\lambda \frac{\partial T}{\partial n}|_{\Gamma_3} = h(T - T_{\text{amb}})|_{\Gamma_3} \end{cases} \quad (5)$$

其中, T 为介质表面温度 (K); Γ 为积分边界; λ 为导热系数 ($\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$); q_n 为热流密度 (W/m^2); h 为对流换热系数 ($\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$); T_{amb} 为外界环境温度 (K)。

根据现有研究成果,确定通风电缆沟模型三维温度场的边界条件如下。

a. 下边界条件为土壤深层温度;通风电缆沟在入口处保持进风温度已知,符合第一类边界条件。

b. 左、右边界条件的水平温度梯度为 0;稳态运行时,电缆损耗产生的热量在通过电缆外表面时的热流密度恒定;按照对称原则得到在入口和出口其他截面上水平温度梯度为 0,均符合第二类边界条件。

c. 上边界条件的对流换热系数和空气温度已知,符合第三类边界条件。

1.3 损耗计算

由温度场数学模型的控制方程和边界条件可知,要计算相关的温度场分布,还需获得场域内热源的单位体积发热率和通过电缆外表面的热流密度。而对于电缆,其主要热源损耗包括导体损耗、绝缘层介质损耗以及金属屏蔽层损耗和铠装层损耗等,这

些参数可以根据 IEC60287 标准^[5-7]进行计算。

1.4 网格剖分

采用 4 节点 4 面体单元对求解域进行网格剖分,图 3 是求解域的剖分图,其中单元数为 23953,节点数为 4841。

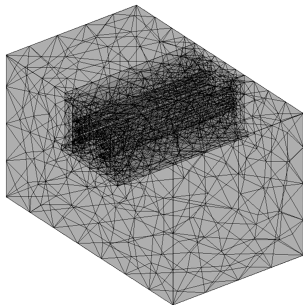


图 3 求解域的剖分图
Fig.3 Divisions of solution domain

2 耦合场的数值计算与分析

本文以型号为 8.7/15 kV YJV 1×400 的 XLPE 电力电缆为例,电缆的结构参数如下:导体直径 23.8 mm,绝缘层厚度 5.9 mm,金属屏蔽层厚度 0.3 mm,外护层厚度 2.3 mm,电缆外径 41.0 mm。具体的敷设参数如下:土壤导热系数 1.0 W/(m·K),空气温度 313 K,地表换热系数 12.5 W/(m²·K),进风速度 1 m/s,进风温度 303 K,深层土壤温度 298 K。当电缆按图 2 敷设于截面为 1 m×1 m 且长度为 3 m 的通风电缆沟时,用 COMSOL 软件建立通风电缆沟敷设电缆的几何模型,设置好求解域控制方程和相应的边界条件,最后计算得到了电缆沟内流体速度分布和电缆以外区域的温度场分布。

当负载电流 $i=600$ A 时,通过有限元法仿真计算得到通风电缆沟内速度场分布和电缆以外区域的温度场分布如图 4 和图 5 所示。

由图 4 可以看出:从进风口到出风口,速度越来越大,从入口处的 1 m/s 增大到 1.633 m/s;流场的主流速度集中在左右电缆之间的中间区域;在沟内壁面和电缆外表面上速度为 0 m/s,这与假设的壁面无滑移边界条件相符。这是因为冷空气从一端进入电

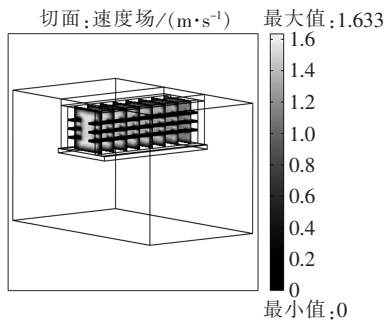


图 4 电缆沟内速度场分布
Fig.4 Velocity distribution in cable trench

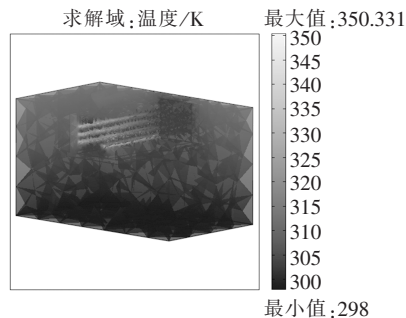


图 5 电缆以外区域温度场分布
Fig.5 Temperature distribution outside cable

缆沟内,具有粘性的空气流过电缆沟内壁和电缆外表面时,由于粘性力的作用,电缆沟内壁面和电缆表面附近的流体流速下降,且直接贴附于沟壁面和电缆表面的流体停滞不动。流体速度随着离沟壁面和电缆表面距离的增加而急剧增大,经过一个薄层后流体速度增长到主流速度。

由图 5 可以看出,在电缆沟进风口到出风口的轴向距离上,电缆表面温度有所上升,这是因为冷却空气在流过电缆沟的过程中获得热量,温度升高,而流体温度的升高将直接影响沟内电缆的散热效果。

由以上流场与温度场的对比分析可以看出,流场与温度场具有耦合关系,从而验证了耦合场模型的正确性。

3 载流量计算与影响因素分析

电缆载流量是由电缆缆芯温度确定的,准确计算电缆缆芯温度具有重要意义。当电缆缆芯温度达到 363 K 时的电流值即为在规定敷设条件下此种电缆的载流量。根据有限元法求得的电缆表面的温度分布,结合单芯电缆的等值热路法可得到电缆缆芯温度分布,并用数值迭代法计算了电缆载流量。

3.1 等值热路法

电缆在运行时,缆芯、绝缘层、金属屏蔽层等均会产生损耗,发出热量形成热流场。根据热流场中的热连续原理及傅里叶定律,热流通过电缆各层向外传导时,电缆的每一层都可以用等值热阻来表示,由于热阻的作用将产生温降。单芯电缆的等效热路模型如图 6 所示^[17]。

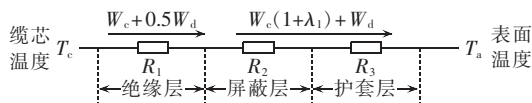


图 6 单芯电缆等效热路模型
Fig.6 Equivalent thermal circuit model of single core cable

根据图 6 单芯电缆等值热路可得电缆缆芯温度的计算公式为:

$$T_c = T_a + (W_c + 0.5 W_d) R_1 + [(1 + \lambda_1) W_c + W_d] (R_2 + R_3) \quad (6)$$

其中, T_c 、 T_a 分别为电缆缆芯温度和表面温度(K); W_c 、 W_d 分别为电缆缆芯损耗和绝缘层损耗(W); λ_1 为屏蔽层损耗因数; R_1 、 R_2 、 R_3 分别为电缆绝缘层、屏蔽层、外护层的等值热阻((m·K)/W)。相关参数的计算可参考 IEC60287。

3.2 载流量计算

对于进风速度为 1 m/s 的电缆沟, 当电缆负载电流 $i = 600$ A 时, 采用有限元软件计算得到电缆表面最高温度为 350.331 K, 由热路法可求得缆芯温度为 359 K; 同样当 $i = 500$ A 时, 计算得电缆表面最高温度为 336.231 K, 求得缆芯温度为 343 K。由双点弦截法^[18]得到电缆载流量为 620 A。

3.3 载流量影响因素分析

地下电缆温度场分布的影响因素很多, 敷设条件和外界环境等因素的改变都会使得电缆温度场分布变化。对于通风电缆沟敷设电缆, 温度场分布受沟内冷却空气流场的影响, 而进风速度、进风温度和电缆沟通风长度又会对沟内流场产生影响。下面仍以电缆沟敷设 6 回路型号为 8.7/15 kV YJV 1×400 的 XLPE 电力电缆为例, 分析了这几个因素对电缆载流量的影响规律。

3.3.1 进风速度的影响

进风速度直接影响通风电缆沟内流体速度场分布, 从而影响电缆散热, 是影响电缆沟敷设电缆载流量的主要因素之一。当进风速度较大时, 热量能很快被冷却空气从电缆沟内带走, 电缆向外散热的能力增强, 载流量随之增大, 反之减小。保持其他参数不变, 进风速度与电缆载流量之间的对应关系曲线如图 7 所示。

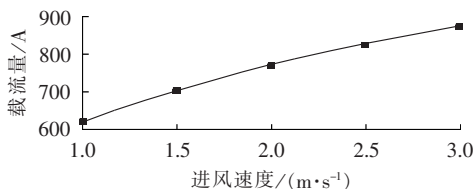


图 7 进风速度与载流量的关系曲线

Fig.7 Relationship between inlet air velocity and current-carrying capacity

从图 7 中可以看出, 随着进风速度的增大, 电缆载流量随之增大, 且增大的幅度随进风速度的增大而减小; 当进风速度由 1 m/s 增大到 1.5 m/s 时, 电缆载流量由 620 A 增大到 703 A, 增大了 83 A; 当进风速度由 2.5 m/s 增大到 3 m/s 时, 电缆载流量由 825 A 增大到 873 A, 增大了 48 A。

3.3.2 进风温度的影响

进风温度是影响通风电缆沟敷设电缆载流量的

一个重要因素。进风温度越高, 电缆与冷却空气的对流换热能力越差, 其散热能力越差, 电缆载流量也随之降低, 反之升高。保持其他参数不变, 进风温度与电缆载流量之间的对应关系曲线如图 8 所示。

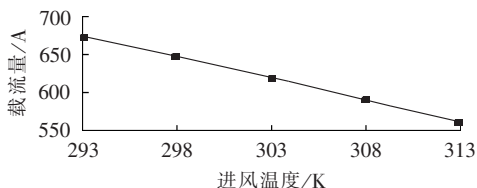


图 8 进风温度与载流量的关系曲线

Fig.8 Relationship between inlet air temperature and current-carrying capacity

由图 8 可知, 随着进风温度的升高, 电缆载流量与进风温度呈近似线性规律变化; 当进风温度由 293 K 增大到 313 K 时, 电缆载流量由 674 A 下降到 582 A, 相当于进风温度每升高 1 K, 则载流量大约降低 5.6 A。

3.3.3 电缆沟通风长度的影响

电缆沟分段通风长度是影响载流量的另一重要因素。当电缆沟通风长度增加时, 冷却空气在电缆沟内轴向流动时获得更多的热量, 使得在出口处空气温度升高, 电缆与空气的对流换热能力变差, 其散热能力变差, 电缆载流量随之降低, 反之升高。保持其他参数不变, 电缆沟通风长度与电缆载流量之间的对应关系曲线如图 9 所示。

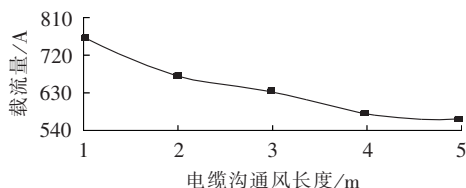


图 9 电缆沟通风长度与载流量的关系曲线

Fig.9 Relationship between ventilation length of cable trench and current-carrying capacity

由图 9 可以看出: 当其他条件相同的情况下, 随着电缆沟通风长度的增大, 电缆载流量随之减小, 且减小的幅度随电缆沟通风长度的增大而减小; 当电缆沟通风长度由 1 m 增大到 2 m 时, 电缆载流量由 759 A 减小到 660 A, 减小了 99 A; 当电缆沟通风长度由 4 m 增大到 5 m 时, 电缆载流量由 563 A 减小到 549 A, 减小了 14 A。

4 结论

建立了通风电缆沟系统的三维耦合场模型, 并通过实例计算与结果对比分析证实了流场与温度场之间的耦合关系, 验证了热-流耦合模型的正确性。

分别计算分析了电缆沟进风速度、进风温度以及通风长度(即 2 个通风口之间的距离)对电缆的允

许载流量的影响规律,结果表明:

a. 随着进风速度的增大,电缆载流量随之增大,但增大的趋势随进风速度的增大而变缓;

b. 随着进风温度(即冷却空气温度)的升高,电缆的允许载流量呈近似线性下降趋势,进风温度每升高 1 K,电缆允许载流量相应下降约 5.6 A;

c. 随着电缆隧道通风长度的增加,电缆允许载流量随之下下降,但当通风长度增加到一定长度时,载流量下降趋势变缓。

因此,在设计通风电缆隧道时,需要针对实际情况进行计算,确定最优的设计方案。

参考文献:

- [1] 周华东. 电缆沟敷设方式下电缆温度场计算模型[J]. 四川电力技术,2010,33(4):43-45.
ZHOU Huadong. Calculation model of cable temperature field under cable trench laying[J]. Sichuan Electric Power Technology, 2010,33(4):43-45.
- [2] 张洪麟,唐军,陈伟根,等. 基于有限元法的地下电缆群温度场及载流量的仿真计算[J]. 高压电器,2010,46(2):42-46.
ZHANG Honglin,TANG Jun,CHEN Weigen,et al. Simulation of temperature field and ampacity of underground cable system based on finite element method[J]. High Voltage Apparatus, 2010,46(2):42-46.
- [3] 王有元,陈仁刚,陈伟根,等. 电缆沟敷设方式下电缆载流量计算及其影响因素分析[J]. 电力自动化设备,2010,30(11):24-29.
WANG Youyuan,CHEN Rengang,CHEN Weigen,et al. Calculation of trench laying cable ampacity and its influencing factors[J]. Electric Power Automation Equipment,2010,30(11):24-29.
- [4] 刘英,曹晓珑. 电力电缆在线测温及载流量监测的研究进展与应用[J]. 输配电技术,2007,4(11):11-14.
LIU Ying,CAO Xiaolong. Research and application of online temperature and load monitoring for power cables[J]. Transmission and Distribution Technology,2007,4(11):11-14.
- [5] International Electrotechnical Commission. IEC60287-1 Calculation of the current rating-part 1:current rating equations(100% load factor) and calculation of losses[S]. Geneva,Switzerland:IEC, 2006.
- [6] International Electrotechnical Commission. IEC60287-2 Calculation of the current rating-part 2:thermal resistance[S]. Geneva,Switzerland:IEC,2001.
- [7] International Electrotechnical Commission. IEC60287-3 Calculation of the current rating-part 3:sections on operating conditions [S]. Geneva,Switzerland:IEC,1999.
- [8] GELA G,DAI J J. Calculation of thermal fields of underground cables using the boundary element method[J]. IEEE Transactions on Power Delivery,1998,5(3):1341-1347.
- [9] 梁永春,孟凡凤,王正刚,等. 土壤直埋电缆群额定载流量的计算[J]. 高压电器,2006,42(4):244-246.
LIANG Yongchun,MENG Fanfeng,WANG Zhenggang,et al. Capacity calculation for groups of buried cable[J]. High Voltage Apparatus,2006,42(4):244-246.
- [10] 周秧,周晓虎,谭春力,等. 场路结合法求解地下高压电缆载流量[J]. 现代电力,2008,2(1):49-52.
ZHOU Yang,ZHOU Xiaohu,TAN Chunli,et al. Computation of ampacity of underground high voltage cables based on combination of temperature field and heat circuit[J]. Modern Electric Power,2008,2(1):49-52.
- [11] ANDERS G J,CHAABAN M,BEDARD N,et al. New approach to ampacity evaluation of cables in ducts using finite element technique[J]. IEEE Transactions on Power Delivery,1987,2(3): 969-975.
- [12] 孟凡凤,李香龙,徐燕飞,等. 地下直埋电缆温度场和载流量的数值计算[J]. 绝缘材料,2006,39(4):59-61.
MENG Fanfeng,LI Xianglong,XU Yanfei,et al. Numerical computation of temperature field and ampacity of underground cables[J]. Insulating Materials,2006,39(4):59-61.
- [13] 付永长,张文斌,陈涛,等. 不规则排列电缆温度场及载流量计算[J]. 电网技术,2010,34(4):173-176.
FU Yongchang,ZHANG Wenbin,CHEN Tao,et al. Calculation on temperature field and current-carrying capacity of irregularly arranged cables[J]. Power System Technology,2010,34(4): 173-176.
- [14] 郭孝峰. 埋地电力隧道温度特性的数值模拟与试验研究[D]. 上海:上海交通大学,2010.
GUO Xiaofeng. Experimental and numerical study on temperature characteristics of underground power transmission tunnel [D]. Shanghai:Shanghai Jiao Tong University,2010.
- [15] 陶文铨. 数值传热学[M]. 西安:西安交通大学出版社,2001: 1-10.
- [16] 杨世铭,陶文铨. 传热学[M]. 4 版. 北京:高等教育出版社,2006: 41-45,205-206,395-404.
- [17] 孟庆民. 地下电缆温度场的场路结合算法[J]. 电网技术,2009,33 (20):193-196.
MENG Qingmin. A temperature field and heat circuit integrated numerical calculation method for underground cable temperature field[J]. Power System Technology,2009,33(20):193-196.
- [18] 苏慧娟,吴开霞,江新华. 牛顿弦截法预估校正迭代格式的收敛阶[J]. 数学的实践与认识,2006,36(4):164-168.
SU Huijuan,WU Kaisu,JIANG Xinhua. The convergence order of Newton secant method predictor-corrector iterative form[J]. Mathematics in Practice and Theory,2006,36(4):164-168.

作者简介:

杨永明(1958-),女,重庆人,教授,博士研究生导师,主要研究方向为电气设备监测及故障诊断(E-mail:yangyym@cqu.edu.cn);

程 鹏(1987-),男,湖北麻城人,博士研究生,主要研究方向为电气设备多物理耦合场计算及故障诊断(E-mail:chengpeng19870825@163.com)。

(下转第 154 页 continued on page 154)

- [J]. Telecommunications for Electric Power System, 2011, 32(11): 70-76.
- [15] 丁慧霞, 滕玲, 许高雄, 等. 用于电力光纤到户的光纤复合低压电缆接续技术研究[J]. 电网技术, 2011, 35(11): 222-227.
- DING Huixia, TENG Ling, XU Gaoxiong, et al. Splicing technology of optical fiber composite low-voltage cable for fiber to the home[J]. Power System Technology, 2011, 35(11): 222-227.
- [16] 杨乐祥. PON 技术在配网自动化通信系统中的应用[J]. 电力系统通信, 2010, 31(11): 26-30.

YANG Lexiang. Application of PON in communication system of power distribution automation[J]. Telecommunications for Electric Power System, 2010, 31(11): 26-30.

作者简介:

范 宏(1978-), 女, 湖北恩施人, 讲师, 博士, 从事智能电网技术方面的研究工作(E-mail: fan_honghong@126.com);

高 亮(1960-), 男, 山西太原人, 教授, 从事智能电网技术方面的研究工作。

Application of PFTTH technology in smart grid

FAN Hong¹, GAO Liang¹, ZHOU Lijun², LI Luying², ZHANG Xin²

(1. Shanghai University of Electric Power, Shanghai 200090, China;

2. Shanghai Puhai Qiushi Electric Power High Technology Co., Ltd., Shanghai 200090, China)

Abstract: The implementation objective of PFTTH(Power Fiber To The Home) technology and the structure of EPON(Ethernet Passive Optical Network) are introduced. Two communication construction schemes of PFTTB(Power Fiber To The Building) are given. The first one adopts optical fiber communication for the remote channel between concentrator and master station and low-voltage power line carrier, RS-485 and short distance wireless communication for the local channels. The other one adopts the direct communication between fiber collector and master station via optic-fiber network. A communication construction scheme of PFTTH is proposed, which adopts the direct communication between optic-fiber power meter and main station via optic-fiber network. Equipments are rationally configured for these schemes, which are explained in detail with an example. The pilot project, application of PFTTH technology to Nanqiao smart community, is introduced.

Key words: smart grid; communication; passive optical network; Ethernet; PFTTH; smart community

(上接第 143 页 continued from page 143)

Current-carrying capacity calculation based on coupling fields for cable in ventilated trench and its influencing factors

YANG Yongming¹, CHENG Peng¹, CHEN Jun², YANG Fan¹

(1. State Key Laboratory of Power Transmission Equipment & System Security and New Technology, Chongqing University, Chongqing 400044, China; 2. Grid Maintenance Branch Company, Chongqing Electric Power Corporation, Chongqing 400015, China)

Abstract: For the flow-heat coupling analysis, a 3-D model of cable trench ventilation system is established according to the characteristics of air flow and heat transfer, based on which and with the corresponding boundary conditions and assumptions, the finite element method is applied to calculate the coupling between fluid field and thermal field and the fluid velocity distribution in cable trench and the temperature distribution on cable surface are obtained. Its accuracy is thus verified. Based on the calculated highest temperature of cable surface, the cable-area equivalent thermal circuit method and the numerical iterative method are applied to calculate the cable current-carrying capacity. The influence of different factors on cable current-carrying capacity is investigated by case simulation and results indicate that, the capacity increases along with the increase of inlet air velocity; the capacity decreases about 5.6 A per 1 K increase of inlet air temperature; and the capacity decreases along with the increase of cable trench length.

Key words: current-carrying capacity; forced ventilation; finite element method; equivalent thermal circuit method; numerical iterative method; cables