

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2014 年 10 月 9 日 (09.10.2014)



(10) 国际公布号
WO 2014/161476 A1

- (51) 国际专利分类号:
G01R 31/00 (2006.01) G01K 11/32 (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2014/074550
- (22) 国际申请日: 2014 年 4 月 1 日 (01.04.2014)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
201310112573.9 2013 年 4 月 2 日 (02.04.2013) CN
- (71) 申请人: 国家电网公司 (STATE GRID CORPORATION OF CHINA) [CN/CN]; 中国北京市西城区长安街 86 号, Beijing 100031 (CN)。 国网河北省电力公司 (STATE GRID HEBEI ELECTRIC POWER COMPANY) [CN/CN]; 中国河北省石家庄市裕华区富强大街 32 号, Hebei 050021 (CN)。 国网河北省电力公司石家庄供电分公司 (STATE GRID HEBEI SHIJIAZHUANG ELECTRIC POWER SUPPLY COMPANY) [CN/CN]; 中国河北省石家庄市红旗大街 66 号, Hebei 050051 (CN)。

- (72) 发明人: 王慧明 (WANG, Huiming); 中国河北省石家庄市红旗大街 66 号, Hebei 050051 (CN)。 赵立刚 (ZHAO, Ligang); 中国河北省石家庄市红旗大街 66 号, Hebei 050051 (CN)。 刘国平 (LIU, Guoping); 中国河北省石家庄市红旗大街 66 号, Hebei 050051 (CN)。 赵平 (ZHAO, Ping); 中国河北省石家庄市红旗大街 66 号, Hebei 050051 (CN)。 曾军 (ZENG, Jun); 中国河北省石家庄市红旗大街 66 号, Hebei 050051 (CN)。 吴仁虎 (WU, Renhu); 中国河北省石家庄市红旗大街 66 号, Hebei 050051 (CN)。 邢昆 (XING, Kun); 中国河北省石家庄红旗大街 66 号, Hebei 050051 (CN)。 徐亚兵 (XU, Yabing); 中国河北省石家庄市红旗大街 66 号, Hebei 050051 (CN)。 郭涛 (GUO, Tao); 中国河北省石家庄市红旗大街 66 号, Hebei 050051 (CN)。 武彦明 (WU, Yanming); 中国河北省石家庄市红旗大街 66 号, Hebei 050051 (CN)。 成洪刚 (CHENG, Honggang); 中国河北省石家庄市红旗大街 66 号, Hebei 050051 (CN)。
- (74) 代理人: 石家庄新世纪专利商标事务所有限公司 (SHIJIAZHUANG XINSHIJI PATENT AND TRADE-MARK OFFICE CO. LTD.); 中国河北省石家庄桥东

[见续页]

(54) Title: ANALYSIS SYSTEM AND CALCULATION METHOD OF CURRENT-CARRYING CAPACITY OF CABLE BASED ON LINEAR TEMPERATURE-SENSING TECHNOLOGY

(54) 发明名称: 基于线型感温技术的电缆载流量分析及计算方法

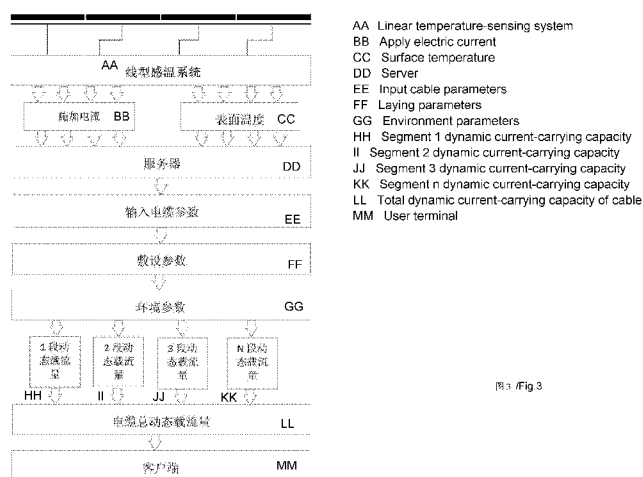


图 3 /Fig. 3

(57) Abstract: Provided are an analysis system and a calculation method of the current-carrying capacity of a cable based on linear temperature-sensing technology. The system comprises a server and, connected to the server, a distributed linear temperature-sensing system and cable load detection apparatus. The distributed linear temperature-sensing system consists of a temperature-sensing optical cable laid on the cable to be measured and, connected to the temperature-sensing optical cable, a tunable wavelength laser and light-intensity detector. The method increases the dynamic time variable when the cable is in operation to establish the dynamic correlation between the electrical current capacity, sheath surface temperature, ambient temperature, and heat radiation of the cable, and calculates therefrom the cable conductor temperature. The present system and method provide a basis for decision-making to ensure the safe operation of city cables and the rational allocation of electrical transmission capacity, and a scientific basis for scientific load scheduling.

(57) 摘要:

[见续页]



区建设北大街 2 号燕华大厦 1606 室刘磊娜, Hebei 050010 (CN)。

- (81) **指定国** (除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。

- (84) **指定国** (除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:

- 包括国际检索报告(条约第 21 条(3))。

提供一种基于线型感温技术的电缆载流量分析系统及计算方法。该系统包括服务器以及与服务器相连接的分布式线性感温系统和电缆负荷检测装置, 所述分布式线性感温系统由敷设于被测电缆上的感温光缆以及与感温光缆相连接的波长可调谐激光器和光强探测器组成。该方法通过在电缆运行过程中增加动态时间变量建立电缆电流、电缆外护套表面温度、电缆环境温度与电缆自身散热之间动态的对应关系, 推算电缆导体温度。该系统及方法为保证城市电缆安全运营及合理配置输电能力提供决策依据, 为负荷的科学调度提供科学依据。

基于线型感温技术的电缆载流量分析及计算方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种基于线型感温技术的电缆载流量分析及计算方法。

背景技术

[0002] 随着国家的发展以及伴随而来电网改造和实施，尤其是城网改造和建设的不断深入，电力电缆的使用量大幅增加，城市中心地区的地下电缆化率不断提高，这导致电力电缆的运行管理、分析维护工作变得原来越重要，工作量也与日俱增。

[0003] 电缆运行时的导体温度，是确定电缆符合达到额定载流量以及是否安全运行的依据。当电缆在额定负荷下运行时，线芯温度处于允许值。电缆一旦过负荷，线芯温度将急剧上升，加速绝缘老化，甚至发生热击穿。例如，研究发现，当交联聚乙烯（XLPE）电缆的工作温度超过 允许值的 8%时，其寿命将减半；如果超过 15%，电缆寿命将只省下 1/4。所以，必须对电缆的运行温度进行控制。但如电缆这类长距离、线型发热体，传统热电偶等温度传感技术无法完整测量沿线温度场分布，因此需要选用线型感温技术作为温度监测手段。

[0004] 此外由于电缆运行的特殊性，目前只能对电缆的外护套温度数据或者绝缘屏蔽层温度数据进行测量，无法直接测量电缆的导体温度数据。通常的做法是：通过经验数据或稳态载流量下的温度对应关系，对电缆导体温度做出估算，无法精确计算电缆的实时导体温度。但是在电缆线路实际运行条件下，尤其在城市中心电网中使用时，其日负荷运行曲线的时效特性与稳态相比存在较大差别的。同时负荷的阶段性和季节性的变化均未考虑。因此，直接使用稳态载流量作为电缆线路运行管理的限制性指标是具有一定局限性的。

发明内容

[0005] 本发明所要解决的技术问题是提供一种无盲点、无损电缆传输且安全系数高的基于线型感温技术的电缆载流量分析系统。

[0006] 本发明采用如下技术方案：

本发明包括服务器以及与服务服务器相连接的分布式线性感温系统和电缆负荷检测装置，所述分布式线性感温系统由敷设于被测电缆上的感温光缆以及与感温光缆相连接的波长可调谐激光器和光强探测器组成。

[0007] 所述电缆负荷检测装置为分布式分布式线性感温系统，其型号为 WUTOS-DTS-4004。

[0008] 所述感温光缆为光纤感温光缆，其型号为 DTS-3.3-62.5/125-2A1。

[0009] 所述激光器的型号为 LDM5S514。

[0010] 基于线性感温技术的电缆载流量分析系统的计算方法，其特征在于其计算方法如下：

一、输入数值

I: 一根导体中流过的电流，其单位为 A；

$\Delta \theta$: 高于环境温度的导体温升，其单位为 K；

R: 最高工作温度下导体单位长度的交流电阻，其单位为 Ω/m ；

R': 最高工作温度下导体单位长度的直流电阻，其单位 $^{\circ}\text{C}$ ； Ω/m ；

Wd: 导体绝缘单位长度的介质损耗，其单位为 W/m；

T1: 一根导体和金属套之间单位长度热阻，其单位为 $\text{K}^{\circ}\text{m}/\text{W}$ ；

T2: 金属套和铠装之间内衬层单位长度热阻，其单位为 $\text{K}^{\circ}\text{m}/\text{W}$ ；

T3: 电缆外护层单位长度热阻，其单位为 $\text{K}^{\circ}\text{m}/\text{W}$ ；

T4: 电缆表面和周围介质之间单位长度热阻，其单位为 $\text{K}^{\circ}\text{m}/\text{W}$ ；

n: 电缆中载有负荷的导体数；

$\lambda 1$: 电缆金属套损耗相对于所有导体总损耗的比率；

$\lambda 2$: 电缆铠装损耗相对于所有导体总损耗的比率；

σ : 日光照射于电缆表面时的吸收系数；

H: 太阳辐射强度，取 $1000\text{W}/\text{m}^2$ 或当地推荐的数值，其单位为 W/m^2 ；

T*4: 考虑到日光照射时的电缆外部热阻，其单位为 $\text{K}^{\circ}\text{m}/\text{W}$ ；

D*e: 电缆外径，m，对于皱纹金属套 $D^*e = (d_{\infty} + 2t_3) * 10^{-3}$ ；

t3: 外护层厚度，其单位为 mm；

d_{∞} : 正好与皱纹金属套波峰相切的假想同心圆柱体的直径，其单位 mm。

[0011] v : 干燥和潮湿土壤热阻系数之比率， $v = \rho d / \rho w$ ；

ρd : 干燥土壤的热阻系数，其单位 $\text{K}^{\circ}\text{m}/\text{W}$ ；

ρw : 自然土壤的热阻系数，其单位 $\text{K}^{\circ}\text{m}/\text{W}$ ；

θ_x : 土壤临界温度, 即干燥与潮湿土壤之边界的温度, 其单位 $^{\circ}\text{C}$;

θ_0 : 环境温度, 其单位 $^{\circ}\text{C}$;

$\Delta\theta_x$: 土壤临界温升, 即高于环境温度的干燥与潮湿土壤之边界的温升 $\theta_x - \theta_0$

R_c : 线芯在 θ_c 时的电阻, 其单位为 Ω/m 。

[0012] R_x : 线芯在 θ_x 时的电阻, 其单位为 Ω/m 。

[0013] θ_x : 连续负荷时线芯的最高允许工作温度, 其单位 $^{\circ}\text{C}$;

θ_c : 过负荷运行时线芯的最高允许工作温度, 其单位 $^{\circ}\text{C}$;

t : 过负荷运行时间, 其单位 s;

τ : 电缆时间常数;

I_N : 电缆额定载流量, 其单位 A;

1 输入各种情况的计算公式:

1.1 空气中不受日光照射的交流电缆;土壤避免发生局部干燥场合下的直埋交流电缆;土壤中管道敷设交流电缆如式 a1 所示:

$$I = \sqrt{\frac{\Delta\theta - W_a[0.5T_1 + n(T_2 + T_3 + T_4)]}{RT_1 + nR(1 + \lambda_1)T_2 + nR(1 + \lambda_1 + \lambda_2)(T_3 + T_4)}} \quad (\text{a1})$$

1.2 空气中直接受日光照射的交流电缆如式 a2 所示:

$$I = \sqrt{\frac{\Delta\theta - W_a[0.5T_1 + n(T_2 + T_3 + T_4)] - \sigma D_s^2 H T_s^4}{RT_1 + nR(1 + \lambda_1)T_2 + nR(1 + \lambda_1 + \lambda_2)(T_3 + T_4)}} \quad (\text{a2})$$

1.3 土壤发生局部干燥场合下的直接埋地交流电缆如式 a3 所示:

$$I = \sqrt{\frac{\Delta\theta - W_a[0.5T_1 + n(T_2 + T_3 + T_4)] + (v-1)\Delta\theta_s}{R(T_1 + n(1 + \lambda_1)T_2 + n(1 + \lambda_1 + \lambda_2)(T_3 + vT_4))}} \quad (\text{a3})$$

1.4 空气中不受日光照射的 5KV 及以下直流电缆如式 a4 所示:

$$I = \sqrt{\frac{\Delta\theta}{R'T_1 + nR'(1 + \lambda_1)T_2 + nR'(T_3 + T_4)}} \quad (\text{a4})$$

1.5 空气中直接受日光照射时的 5KV 及以下直流电缆如式 a5 所示:

$$I = \sqrt{\frac{\Delta\theta - \sigma D_s^2 H T_s^4}{R'T_1 + nR' + nR'(T_3 + T_4)}}$$

1.6 土壤发生局部干燥场合下 5KV 及以下直流电缆如式 a6 所示:

$$I = \sqrt{\frac{\Delta\theta + (v-1)\Delta\theta_s}{R[T_1 + nT_2 + n(T_3 + vT_4)]}} \quad (a6)$$

1.7 土壤避免干燥场合下的 5KV 及以下直流电缆如式 a7 所示:

$$I = \sqrt{\frac{\Delta\theta_s}{nR'T_3}} \quad (a7)$$

1.8 空气中低压电线电缆如式 a8 所示:

$$I = \sqrt{\frac{\Delta\theta - W_s[0.5T_1 + n(T_2 + T_3 + T_4)]}{RT_1 + nRT_2 + nR(T_3 + T_4)}} \quad (a8)$$

2 输入电流计算公式:

$$I_t = I_N \times \sqrt{\frac{R_c}{R_s} \times \left(1 + \frac{\theta_s - \theta_0}{\theta_c - \theta_0}\right) \times \frac{1}{1 - e^{-T/\tau}}}$$

分布式线性感温系统将解调出的数据,通过通信端口向服务器发报,服务器接收并解析报文,得到表面温度,配合数据库中已经储存的相关参数以及公式,服务器根据实际情况选定特定公式计算出各段电缆线芯温度,并根据这些温度,计算出整条电缆线芯导体在施加该电流值下的电缆导体温度。

[0014] 本发明的积极效果如下:

本发明通过在电缆运行过程中增加动态时间变量建立电缆电流量、电缆外护套表面温度、电缆环境温度与电缆自身散热之间动态的对应关系,推算电缆导体温度,这样动态测量的方式能够无损电缆传输,分布式的对电缆进行无盲点监测。这样动态测量的方式能够无损电缆传输,分布式的对电缆进行无盲点监测。同时计算出电缆线路的实际负载率,及早发现电缆早期隐患,实现电缆缆芯温度的非接触在线诊断,全面提升电网的运行水平。同时,利用系统的历史数据及各种实时参数对电缆的故障进行分析、对危险点进行预测以及对电缆当前实际可以承受的最大载流量进行估算,为保证城市电缆安全运营及合理配置输电能力提供决策依据,为负荷的科学调度提供科学依据,具有重要的意义。

附图说明

[0015] 附图 1 为本发明的原理框图。

[0016] 附图 2 为本发明分布式线性感温系统的结构示意图。

[0017] 附图 3 为本发明的工作流程图。

具体实施方式

[0018] 如附图 1-2 所示, 本发明包括服务器 1、分布式线性感温系统 2 以及电缆负荷检测装置 3, 所述分布式线性感温系统 2 由敷设于被测电缆上的感温光缆 5 以及与感温光缆 5 相连接的波长可调谐激光器 4 和光强探测器 6 组成。本发明将光纤光栅感温光缆沿电缆外壁连续敷设。波长可调谐激光器 4 输出光经光纤光栅感温光缆反射后被光强探测器 6 接收。当波长可调谐激光器 4 的波长与光纤光栅感温光缆波长重合时, 此时反射强度最大, 光强探测器 6 接收到的功率也最强。根据“可调谐激光器的波长——探测器功率”的对应关系就可以检测出传感光栅的波长信息。由光纤光栅温度灵敏度系数, 即可以得到沿光纤光栅感温光缆沿线的温度场分布。

[0019] 如附图 3 所示, 本发明服务器 1 解析协议获得电缆表面温度, 并依据数据库储存的各种参数进行动态载流量的计算过程。同时服务器 1 从电缆负荷监测装置 3 得到电缆实时电流数值。由此形成了完整的光纤分布式电缆载流量在线监测系统。

[0020] 计算功能和计算对象的多少确定计算过程所用时间。计算对象包括以下各项:

敷设方式: 空气中(是否直接受日照)、空气管道中、土壤中、土壤管道。

[0021] 排列方式: 单回路 — 包括三根电缆相互接触呈三角形或平面(并列与分离)排列。

[0022] 多回路 — 在单回路排列的基础上成群电缆组多回路敷设。

[0023] 工作状态: 包括持续负荷、应急负荷、短路电流。

[0024] 输入参数: 额定电压、导体材质、电缆型号、导体截面、电缆各部位几何尺寸、电缆外径等。

[0025] 环境参数: 敷设、排列、土壤热阻系数、埋地深度、接地方式、环境温度。

[0026] 其中各种情况计算公式为:

1. 空气中不受日光照射的交流电缆; 土壤避免发生局部干燥场合下的直埋交流电缆; 土壤中管道敷设交流电缆

$$I = \sqrt{\frac{\Delta\theta - W_p[0.5T_1 + n(T_2 + T_3 + T_4)]}{RT_1 + nR(1 + \lambda_1)T_2 + nR(1 + \lambda_1 + \lambda_2)(T_3 + T_4)}}$$

2. 空气中直接受日光照射的交流电缆

$$I = \sqrt{\frac{\Delta\theta - W_p[0.5T_1 + n(T_2 + T_3 + T_4)] - \sigma D_s^* H T_s^*}{RT_1 + nR(1 + \lambda_1)T_2 + nR(1 + \lambda_1 + \lambda_2)(T_3 + T_4)}}$$

3. 土壤发生局部干燥场合下的直接埋地交流电缆

$$I = \sqrt{\frac{\Delta\theta - W_p[0.5T_1 + n(T_2 + T_3 + T_4)] + (v-1)\Delta\theta_s}{R[T_1 + n(1 + \lambda_1)T_2 + n(1 + \lambda_1 + \lambda_2)(T_3 + vT_4)]}}$$

4. 空气中不受日光照射的 5KV 及以下直流电缆

$$I = \sqrt{\frac{\Delta\theta}{R'T_1 + nR'(1 + \lambda_1)T_2 + nR'(T_3 + T_4)}}$$

5. 空气中直接受日光照射时的 5KV 及以下直流电缆

$$I = \sqrt{\frac{\Delta\theta - \sigma D_s^* H T_s^*}{R'T_1 + nR' + nR'(T_3 + T_4)}}$$

6. 土壤发生局部干燥场合下 5KV 及以下直流电缆

$$I = \sqrt{\frac{\Delta\theta + (v-1)\Delta\theta_s}{R[T_1 + nT_2 + n(T_3 + vT_4)]}}$$

7. 土壤避免干燥场合下的 5KV 及以下直流电缆

$$I = \sqrt{\frac{\Delta\theta_s}{nR'T_4}}$$

8. 空气中低压电线电缆

$$I = \sqrt{\frac{\Delta\theta - W_p[0.5T_1 + n(T_2 + T_3 + T_4)]}{RT_1 + nRT_2 + nR(T_3 + T_4)}}$$

式中各个量的含义：

I: 一根导体中流过的电流，A；

$\Delta\theta$: 高于环境温度的导体温升，K；

注：环境温度是指敷设电缆的场合下周围介质的温度，当电缆周围有任何局部热源的影响时，其热量也不直接使电缆周围的温度上升。

[0027] R: 最高工作温度下导体单位长度的交流电阻， Ω/m ；

R' : 最高工作温度下导体单位长度的直流电阻, Ω/m ;

W_d : 导体绝缘单位长度的介质损耗, W/m ;

T_1 : 一根导体和金属套之间单位长度热阻, $K^{\circ}C/m/W$;

T_2 : 金属套和铠装之间内衬层单位长度热阻, $K^{\circ}C/m/W$;

T_3 : 电缆外护层单位长度热阻, $K^{\circ}C/m/W$;

T_4 : 电缆表面和周围介质之间单位长度热阻, $K^{\circ}C/m/W$;

n : 电缆(等截面并截有相同负荷的导体)中载有负荷的导体数;

λ_1 : 电缆金属套损耗相对于所有导体总损耗的比率;

λ_2 : 电缆铠装损耗相对于所有导体总损耗的比率;

σ : 日光照射于电缆表面时的吸收系数;

H : 太阳辐射强度, 对于大多数纬度数的地区可取 $1000W/m^2$, 也可取当地推荐的数值, W/m^2 ;

T^*4 : 考虑到日光照射时的电缆外部热阻, $K^{\circ}C/m/W$;

D^*e : 电缆外径, m , 对于皱纹金属套 $D^*e = (d_{\infty} + 2t_3) \times 10^{-3}$;

t_3 : 外护层厚度, mm ;

d_{∞} : 正好与皱纹金属套波峰相切的假想同心圆柱体的直径, mm 。

[0028] v : 干燥和潮湿土壤热阻系数之比率, $v = \rho_d / \rho_w$;

ρ_d : 干燥土壤的热阻系数, $K^{\circ}C/m/W$;

ρ_w : 自然土壤的热阻系数, $K^{\circ}C/m/W$;

θ_x : 土壤临界温度, 即干燥与潮湿土壤之边界的温度, $^{\circ}C$;

θ_0 : 环境温度, $^{\circ}C$;

$\Delta \theta_x$: 土壤临界温升, 即高于环境温度的干燥与潮湿土壤之边界的温升 $\theta_x - \theta_0$

计算结果显示参数包括以下各项:

电缆稳态运行 — 交流电阻、电感、电容、屏蔽损耗、热阻和允许电流等。

[0029] 电缆短路故障 — 导体和屏蔽短路电流、电磁力等。

[0030] 短时负荷 — 电缆未满载运行条件下在允许工作温度和给定时间内施加电流值。

[0031] 其中电流计算公式为:

$$I_t = I_N \times \sqrt{\frac{R_C}{R_S} \times \left(1 + \frac{\theta_S - \theta_0}{\theta_C - \theta_0}\right) \times \frac{1}{1 - e^{-t/\tau}}}$$

R_C : 线芯在 θ_C 时的电阻

R_S : 线芯在 θ_S 时的电阻

θ_S : 连续负荷时线芯的最高允许工作温度

θ_C : 过负荷运行时线芯的最高允许工作温度

t : 过负荷运行时间

τ : 电缆时间常数

I_N : 电缆额定载流量

通过上述参数，服务器 1 将进行载流量的动态计算，程序流程框如图 3 所示。

[0032] 首先光纤感温光缆直接安装在电缆外侧，用来测量电缆各段的表面温度。

[0033] 其次分布式线性感温系统将解调出的数据，通过通信端口向服务器发报，服务器接收并解析报文，得到表面温度。加之数据库中已经储存的电缆参数、敷设参数和环境参数，服务器将根据特定公式计算出各段电缆线芯温度，并根据这些温度，计算出整条电缆线芯导体在施加该电流值下的电缆导体温度。

[0034] 最后服务器 1 通过以太网端口与服务器进行通信，获取各段电缆的线芯温度和总体线芯温度，并将这些温度数据以一定方式展现出来，当线芯温度超过设定温度时，客户端将发出报警信息。

[0035] 本发明在电缆运行过程中增加动态时间变量建立电缆电流量、电缆外护套表面温度、电缆环境温度与电缆自身散热之间动态的对应关系，推算电缆导体温度，这样动态测量的方式能够无损电缆传输，分布式的对电缆进行无盲点分析。相较于传统方法，能更有效评估电缆的安全状况，为负荷的科学调度提供科学依据，具有重要的意义。

1. 一种基于线型感温技术的电缆载流量分析系统，其特征在于其包括服务器(1)以及与服务器(1)相连接的分布式线性感温系统(2)和电缆负荷检测装置(3)，所述分布式线性感温系统(2)由敷设于被测电缆上的感温光缆(5)以及与感温光缆(5)相连接的波长可调谐激光器(4)和光强探测器(6)组成。
2. 根据权利要求1所述的基于线型感温技术的电缆载流量分析系统，其特征在于所述电缆负荷检测装置(3)为分布式分布式线性感温系统，其型号为WUTOS-DTS-4004。
3. 根据权利要求1所述的基于线型感温技术的电缆载流量分析系统，其特征在于所述感温光缆(5)为光纤感温光缆，其型号为DTS-3.3-62.5/125-2A1。
4. 根据权利要求1或2所述的基于线型感温技术的电缆载流量分析系统，其特征在于所述激光器(4)的型号为LDM5S514。
5. 一种基于线型感温技术的电缆载流量分析系统的计算方法，其特征在于其计算方法如下：

一、输入数值

I: 一根导体中流过的电流，其单位为 A；

$\Delta \theta$: 高于环境温度的导体温升，其单位为 K；

R: 最高工作温度下导体单位长度的交流电阻，其单位为 Ω/m ；

R': 最高工作温度下导体单位长度的直流电阻，其单位 $^{\circ}\text{C}; \Omega/m$ ；

Wd: 导体绝缘单位长度的介质损耗，其单位为 W/m；

T1: 一根导体和金属套之间单位长度热阻，其单位为 $\text{K}^{\circ}\text{C}/\text{W}$ ；

T2: 金属套和铠装之间内衬层单位长度热阻，其单位为 $\text{K}^{\circ}\text{C}/\text{W}$ ；

T3: 电缆外护层单位长度热阻，其单位为 $\text{K}^{\circ}\text{C}/\text{W}$ ；

T4: 电缆表面和周围介质之间单位长度热阻，其单位为 $\text{K}^{\circ}\text{C}/\text{W}$ ；

n: 电缆中载有负荷的导体数；

λ_1 : 电缆金属套损耗相对于所有导体总损耗的比率；

λ_2 : 电缆铠装损耗相对于所有导体总损耗的比率；

σ : 日光照射于电缆表面时的吸收系数；

H: 太阳辐射强度，取 $1000\text{W}/\text{m}^2$ 或当地推荐的数值，其单位为 W/m^2 ；

T*4: 考虑到日光照射时的电缆外部热阻，其单位为 $\text{K}^{\circ}\text{C}/\text{W}$ ；

D^*e : 电缆外径, m, 对于皱纹金属套 $D^*e = (d\infty + 2t_3) \cdot 10^{-3}$;

t_3 : 外护层厚度, 其单位为 mm;

$d\infty$: 正好与皱纹金属套波峰相切的假想同心圆柱体的直径, 其单位为 mm;

v : 干燥和潮湿土壤域热阻系数之比率, $v = \rho d / \rho w$;

ρd : 干燥土壤的热阻系数, 其单位 $K \cdot m / W$;

ρw : 自然土壤的热阻系数, 其单位 $K \cdot m / W$;

θx : 土壤临界温度, 即干燥与潮湿土壤之边界的温度, 其单位 $^{\circ}C$;

$\theta 0$: 环境温度, 其单位 $^{\circ}C$;

$\Delta \theta x$: 土壤临界温升, 即高于环境温度的干燥与潮湿土壤之边界的温升 $\theta x - \theta 0$

R_c : 线芯在 θ_c 时的电阻, 其单位为 Ω / m ;

R_s : 线芯在 θ_s 时的电阻, 其单位为 Ω / m ;

θ_s : 连续负荷时线芯的最高允许工作温度, 其单位 $^{\circ}C$;

θ_c : 过负荷运行时线芯的最高允许工作温度, 其单位 $^{\circ}C$;

t : 过负荷运行时间, 其单位 s;

τ : 电缆时间常数;

I_N : 电缆额定载流量, 其单位 A;

1 输入各种情况的计算公式:

1.1 空气中不受日光照射的交流电缆; 土壤避免发生局部干燥场合下的直埋交流电缆; 土壤中管道敷设交流电缆如式 a1 所示:

$$I = \sqrt{\frac{\Delta \theta - W_d \{0.5 T_1 + n(T_2 + T_3 + T_4)\}}{RT_1 + nR(1 + \lambda_1)T_2 + nR(1 + \lambda_1 + \lambda_2)(T_3 + T_4)}} \quad (a1)$$

1.2 空气中直接受日光照射的交流电缆如式 a2 所示:

$$I = \sqrt{\frac{\Delta \theta - W_d \{0.5 T_1 + n(T_2 + T_3 + T_4)\} - \sigma D_s^2 H T_4^*}{RT_1 + nR(1 + \lambda_1)T_2 + nR(1 + \lambda_1 + \lambda_2)(T_3 + T_4)}} \quad (a2)$$

1.3 土壤发生局部干燥场合下的直接埋地交流电缆如式 a3 所示:

$$I = \sqrt{\frac{\Delta \theta - W_d \{0.5 T_1 + n(T_2 + T_3 + T_4)\} + (v - 1) \Delta \theta_s}{R[T_1 + n(1 + \lambda_1)T_2 + n(1 + \lambda_1 + \lambda_2)(T_3 + vT_4)]}} \quad (a3)$$

1.4 空气中不受日光照射的 5KV 及以下直流电缆如式 a4 所示:

$$I = \sqrt{\frac{\Delta\theta}{R'T_1 + nR'(1+\lambda_s)T_2 + nR'(T_3 + T_4)}} \quad (\text{a4})$$

1.5 空气中直接受日光照射时的 5KV 及以下直流电缆如式 a5 所示:

$$I = \sqrt{\frac{\Delta\theta - \sigma \cdot D_s^2 \cdot H T_3^4}{R'T_1 + nR' + nR'(T_3 + T_4)}} \quad (5)$$

1.6 土壤发生局部开燥场合下 5KV 及以下直流电缆如式 a6 所示:

$$I = \sqrt{\frac{\Delta\theta + (v-1)\Delta\theta_s}{R\{T_1 + nT_2 + n(T_3 + vT_4)\}}} \quad (\text{a6})$$

1.7 土壤避免干燥场合下的 5KV 及以下直流电缆如式 a7 所示:

$$I = \sqrt{\frac{\Delta\theta_s}{nR'T_4}} \quad (\text{a7})$$

1.8 空气中低压电线电缆如式 a8 所示:

$$I = \sqrt{\frac{\Delta\theta - W_s \{0.5T_1 + n(T_2 + T_3 + T_4)\}}{RT_1 + nRT_2 + nR(T_3 + T_4)}} \quad (\text{a8})$$

2 输入电流计算公式:

$$I_t = I_N \times \sqrt{\frac{R_c}{R_s} \times \left(1 + \frac{\theta_s - \theta_0}{\theta_c - \theta_0}\right) \times \frac{1}{1 - e^{-\frac{t}{\tau}}}}$$

分布式线性感温系统将解调出的数据, 通过通信端口向服务器 (1) 发报, 服务器 (1) 接收并解析报文, 得到表面温度, 配合数据库中已经储存的相关参数以及公式, 服务器 (1) 根据实际情况选定特定公式计算出各段电缆线芯温度, 并根据这些温度, 计算出整条电缆线芯导体在施加该电流值下的电缆导体温度。

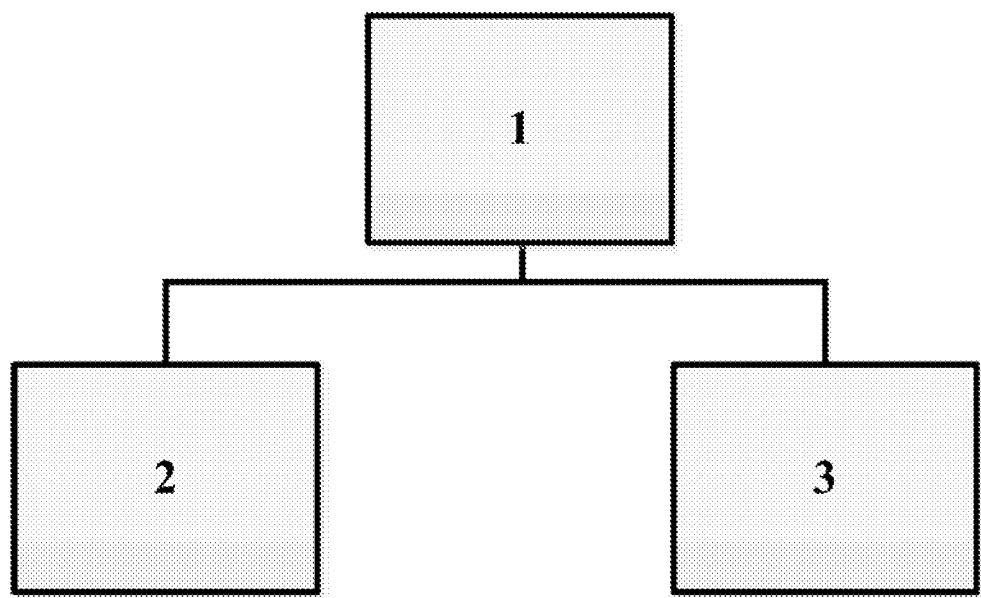


图 1

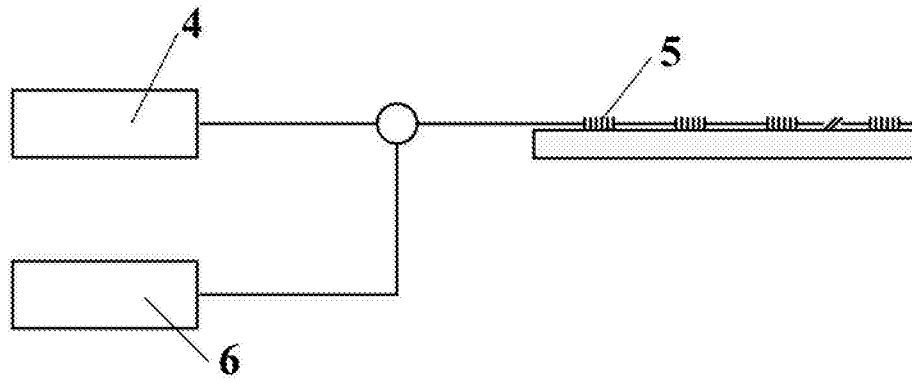


图 2

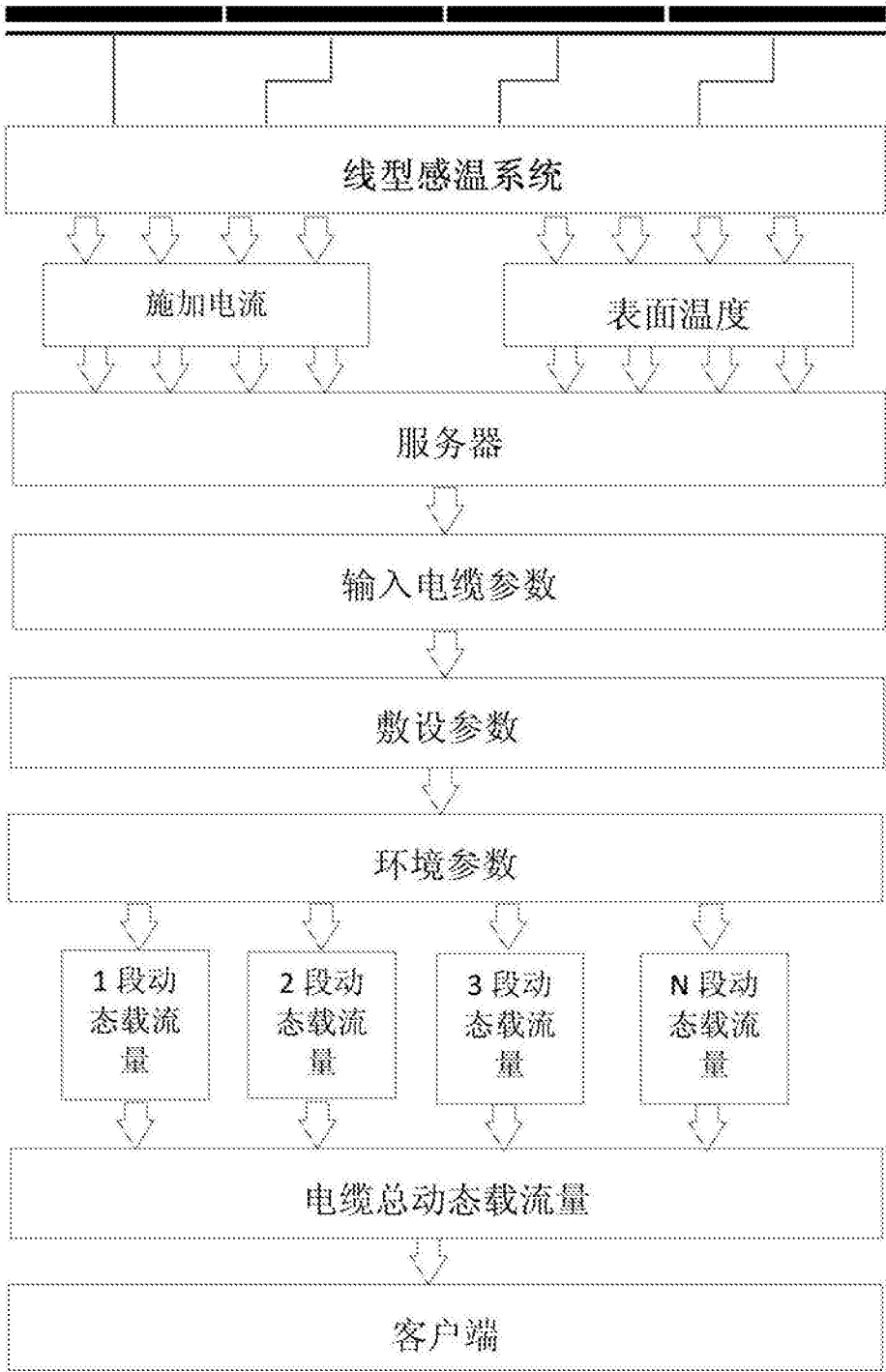


图 3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2014/074550

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01R 31/00 (2006.01) i; G01K 11/32 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G01R, G01K

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNABS, CNKI, CNTXT, DWPI, SIPOABS: temperature measurement, temperature sensing, optical cable, current carrying capacity, temperature, fiber, fibre, laser, tunable, load

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 103226172 A (STATE GRID CORPORATION OF CHINA et al.), 31 July 2013 (31.07.2013), claims 1-5	1-5
PX	CN 203191472 U (STATE GRID CORPORATION OF CHINA et al.), 11 September 2013 (11.09.2013), claims 1-4	1-4
Y	YANG, Bin et al., "Research on Distributed Optic Fibre Carrying Capacity and Temperature Security Monitoring System", OPTICAL INSTRUMENTS, volume 35, number 1, 28 February 2013 (28.02.2013), ISSN: 1005-5630, pages 75-79	1-4
Y	CN 102889903 A (GUILIN UC SCIENTIFIC INSTRUMENTS CO., LTD.), 23 January 2013 (23.01.2013), claim 1, and description, paragraph [0005]	1-4
Y	YANG, Lipeng et al., "Online Monitoring Technology Distributed Optical Fiber for XLPE Cable Temperature Measurement", ELECTRICAL EQUIPMENT, volume 9, number 12, 31 December 2008 (31.12.2008), ISSN: 1672-2000, pages 40-42	1-4

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 27 June 2014 (27.06.2014)	Date of mailing of the international search report 15 July 2014 (15.07.2014)
Name and mailing address of the ISA/CN: State Intellectual Property Office of the P. R. China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing 100088, China Facsimile No.: (86-10) 62019451	Authorized officer MIAO, Wen Telephone No.: (86-10) 62085340

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2014/074550**C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	CN 102680132 A (JINING POWER SUPPLY COMPANY, SHANDONG ELECTRIC POWER GROUP CORP. et al.), 19 September 2012 (19.09.2012), claims 1-3	1-4
A	“Calculation of Current Carrying Capacity of Cables Part 1: Formula of Current Carrying Capacity (100% load factor) and Loss Calculation Section 1: General Requirements”, Machinery Professional Standard of The People’s Republic of China, JB/T 10181.1-2000, 01 October 2000 (01.10.2000), pages 711-716	5
A	CN 102103173 A (HEZE JINING POWER SUPPLY COMPANY, SHANDONG ELECTRIC POWER GROUP CORP.), 22 June 2011 (22.06.2011), the whole document	1-5
A	CN 102944801 A (E-TECH ENERGY TECHNOLOGY DEVELOPMENT CO., LTD., TIANJIN, CHINA), 27 February 2013 (27.02.2013), the whole document	1-5
A	CN 202757987 U (HANGZHOU CABLE CO., LTD.), 27 February 2013 (27.02.2013), the whole document	1-5
A	WO 2009092436 A1 (AP SENSING GMBH), 30 July 2009 (30.07.2009), the whole document	1-5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2014/074550

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 103226172 A	31.07.2013	None	
CN 203191472 U	11.09.2013	None	
CN 102889903 A	23.01.2013	None	
CN 102680132 A	19.09.2012	None	
CN 102103173 A	22.06.2011	None	
CN 102944801 A	27.02.2013	None	
CN 202757987 U	27.02.2013	None	
WO 2009092436 A1	30.07.2009	None	

A. 主题的分类		
G01R 31/00(2006.01)i; G01K 11/32(2006.01)i		
按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类		
B. 检索领域		
检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)		
G01R, G01K		
包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献		
在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用))		
CNABS, CNKI, CNTXT, DWPI, SIPOABS: 电缆, 载流量, 测温, 感温, 温度, 光缆, 光纤, 激光, 辐射, 激光器, 可调, 负荷, cable, current carrying capacity, temperature, fiber, fibre, laser, tunable, load		
C. 相关文件		
类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
PX	CN 103226172 A (国家电网公司 等) 2013年 7月 31日 (2013 - 07 - 31) 权利要求1-5	1-5
PX	CN 203191472 U (国家电网公司 等) 2013年 9月 11日 (2013 - 09 - 11) 权利要求1-4	1-4
Y	杨斌 等. "分布式光纤载流量/温度安全监测系统的研究" 光学仪器, 第35卷, 第1期, 2013年 2月 28日 (2013 - 02 - 28), ISSN: 1005-5630, 第75-79页	1-4
Y	CN 102889903 A (桂林优西科学仪器有限公司) 2013年 1月 23日 (2013 - 01 - 23) 权利要求1, 说明书第[0005]段	1-4
Y	杨黎鹏 等. "分布式光纤XLPE电缆温度在线监测技术" 电力设备, 第9卷, 第12期, 2008年 12月 31日 (2008 - 12 - 31), ISSN: 1672-2000, 第40-42页	1-4
☒ 其余文件在C栏的续页中列出。 ☒ 见同族专利附件。		
* 引用文件的具体类型: "A" 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件 "E" 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利 "L" 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的) "O" 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件 "P" 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件 "T" 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件 "X" 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性 "Y" 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性 "&" 同族专利的文件		
国际检索实际完成的日期		国际检索报告邮寄日期
2014年 6月 27日		2014年 7月 15日
ISA/CN的名称和邮寄地址		授权官员
中华人民共和国国家知识产权局(ISA/CN) 北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088 中国		苗文
传真号 (86-10)62019451		电话号码 (86-10)62085340

C. 相关文件		
类 型*	引用文件，必要时，指明相关段落	相关的权利要求
Y	CN 102680132 A (山东电力集团公司济宁供电公司 等) 2012年 9月 19日 (2012 - 09 - 19) 权利要求1-3	1-4
A	“电缆载流量计算 第1部分：载流量公式 (100%负荷因数) 和损耗计算 第1节：一般规定” 中华人民共和国机械行业标准 JB/T 10181.1-2000, 2000年 10月 01日 (2000 - 10 - 01), 第711-716页	5
A	CN 102103173 A (山东电力集团公司菏泽供电公司) 2011年 6月 22日 (2011 - 06 - 22) 全文	1-5
A	CN 102944801 A (天津亿利科能源科技发展股份有限公司) 2013年 2月 27日 (2013 - 02 - 27) 全文	1-5
A	CN 202757987 U (杭州电缆股份有限公司) 2013年 2月 27日 (2013 - 02 - 27) 全文	1-5
A	WO 2009092436 A1 (AP SENSING GMBH) 2009年 7月 30日 (2009 - 07 - 30) 全文	1-5

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2014/074550

检索报告引用的专利文件	公布日 (年/月/日)	同族专利	公布日 (年/月/日)
CN 103226172 A	2013年 7月 31日	无	
CN 203191472 U	2013年 9月 11日	无	
CN 102889903 A	2013年 1月 23日	无	
CN 102680132 A	2012年 9月 19日	无	
CN 102103173 A	2011年 6月 22日	无	
CN 102944801 A	2013年 2月 27日	无	
CN 202757987 U	2013年 2月 27日	无	
WO 2009092436 A1	2009年 7月 30日	无	

表 PCT/ISA/210 (同族专利附件) (2009年7月)