(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)实用新型专利

(10)授权公告号 CN 203561449 U
(45)授权公告日 2014.04.23

(21)申请号 201320569776.6
(22)申请日 2013.09.13
(73)专利权人 国家电网公司
地址 100031 北京市西城区西长安街 86 号
专利权人 中国电力科学研究院
国网浙江海宁市供电公司
(72)发明人 盛万兴 孙军平 李玉凌 李二霞
史常凯 姜建钊 许保平 樊勇华
孙智涛 周自强 徐晓华 江明强
(74)专利代理机构 北京安博达知识产权代理有限公司 11271
代理人 徐国文
(51)Int.Cl.
G01K 7/00(2006.01)
G08C 17/02(2006.01)

(ESM)同样的发明创造已同日申请发明专利

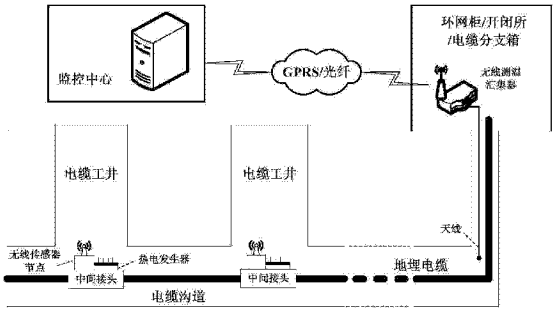
权利要求书1页 说明书4页 附图1页

(54)实用新型名称

一种地埋电缆中间接头温度在线监测系统

(57)摘要

本实用新型涉及一种电力电缆温度在线监测系统，具体讲涉及一种地埋电缆中间接头温度在线监测系统。监测系统由无线传感节点、热电发生器(TEG)及无线测温汇集器构成，地埋电缆中间接头位于电缆工井下方，无线传感器节点与热电发生器安装在电缆中接头外表面上；无线测温汇集器安装于电缆终端或分支接头处的开闭所、环网柜或电缆分支箱内，其天线延长至电缆沟道收集无线传感器节点的监测数据，本实用新型采用热电发生器与能量收集器将温差转换成电能为无线传感器供电，同时以无线方式采集监测数据；无线传感器节点以低功耗方式工作，从而降低了整个监测系统的功耗。



CN 203561449 U

1. 一种地埋电缆中间接头温度在线监测系统，所述系统包括设置于电缆工井上方的 N 个无线传感节点、热电发生器及无线测温汇集器，其特征在于，电缆中间接头设置于电缆工井下方，单个无线传感节点和热电发生器依次并列安装于电缆中间接头的外表面上；所述无线测温汇集器安装于电缆终端、分支接头的开闭所、环网柜或电缆分支箱内，其天线延长至电缆沟道收集无线传感器节点的监测数据。

2. 如权利要求 1 所述的温度在线监测系统，其特征在于，所述热电发生器温度高的一侧粘贴在电缆中间接头外表皮上，温度低的一侧通过散热器将热流扩散到空气中；相邻电缆中间接头之间距离为 100 ～ 400 米。

3. 如权利要求 1 所述的温度在线监测系统，其特征在于，所述单个无线传感器节点包括依次连接能量收集器、微控制器和第一无线收发器，半导体温度传感器与微控制器连接；半导体温度传感器和第一无线收发器均通过微控制器的 VOUT 管脚获取电源。

4. 如权利要求 3 所述的温度在线监测系统，其特征在于，所述能量收集器包括能量收集管理芯片、微型变压器、超级电容以及电容器；所述微型变压器、超级电容以及电容器均连接在能量收集管理芯片上。

5. 如权利要求 3 所述的温度在线监测系统，其特征在于，所述半导体温度传感器采用 TMP36 型号的传感器。

6. 如权利要求 3 所述的温度在线监测系统，其特征在于，所述微控制器内部集成模数转换器、定时器、通用 I/O、中断控制器片上外设；

微控制器通过串行外设 SPI 接口与第一无线收发器相连，并利用通用 I/O 输出关闭或关机信号 SDN 控制第一无线收发器的上电复位及工作电源。

7. 如权利要求 3 所述的温度在线监测系统，其特征在于，利用热电发生器和能量收集器将电缆中间接头与环境的温差转换成电能，为所述无线传感器节点供电。

8. 如权利要求 1 所述的温度在线监测系统，其特征在于，所述无线测温汇集器由开闭所、环网柜或电缆分支箱内的市电、PT 电源或蓄电池供电，包括微处理器、第二无线收发器、GPRS 模块 / 光纤以太网接口、LCD 显示屏、射频电路和天线；所述第二无线收发器、GPRS 模块 / 光纤以太网接口和 LCD 显示屏分别与微处理器相连，所述天线通过射频电路与第二无线收发器相连。

9. 如权利要求 1 所述的温度在线监测系统，其特征在于，所述无线传感器节点与无线测温汇集器无线通信的频段为 433MHz，通信协议为 IEEE802.15.4g，并通过密钥进行认证。

一种地埋电缆中间接头温度在线监测系统

技术领域

[0001] 本实用新型涉及一种电力电缆温度在线监测系统，具体讲涉及一种地埋电缆中间接头温度在线监测系统。

背景技术

[0002] 随着城市化以及城市电网的发展，电力电缆得到广泛应用，在我国平均年增长量达到 35%。随着电缆使用数量的增加、输电容量的提高，一旦发生故障危害严重，因此电力电缆的运行可靠性越来越受到重视。通过对全国主要城市电力电缆运行故障率进行调研发现，在电缆初期运行的 1 ～ 5 年内以及投入运行后的 5 ～ 25 年中，电力电缆附件（包括分支接头、终端接头和中间接头）的故障率一直是最高的。尤其是电缆中间接头制作工艺要求高，存在事故隐患的可能性更大，因此对其进行温度的在线监测具有重要意义。

[0003] 现有电缆温度在线监测方法包括点式测温法和线式测温法。1）传统点式测温法采用热电偶、热电阻、热敏电阻等温度传感器测量中间接头保护壳外表面或者电缆本体外护套表面局部点温度，其监测装置一般使用电池或电磁感应取电装置供电。若采用电池供电，则其在高温下容易爆裂，并且需要定期更换电池，维护工作量大。采用电磁感应取电装置供电时，若电缆中电流较小，电能无法取出，监测装置停止工作；若电缆电流较大，则容易烧坏监测装置。当监测三芯电缆时，电磁感应取电装置则无法工作。2）线式测温法一般采用感温电缆、分布式光纤温度传感器、光纤光栅温度传感器沿着电缆线路绑扎在电缆外护套表面（或预埋在电缆内部），测量电缆全线温度。该方法适用于测量电缆全线的温度趋势和热瓶颈区域，但长距离敷设成本高、安装工程巨大。

实用新型内容

[0004] 针对现有电缆中间接头在线监测系统成本高、供电困难、安装及维护难度大等问题，本实用新型的目的是提供一种地埋电缆中间接头温度在线监测系统，本实用新型采用无线传感器测量电缆中间接头外表皮温度，以无线方式传输监测数据，并利用热电发生器及能量收集器将温差转换成电能为无线传感器供电，具有成本低、免维护、安装方便、安全程度高等优点。

[0005] 本实用新型的目的是采用下述技术方案实现的：

[0006] 本实用新型提供一种地埋电缆中间接头温度在线监测系统，所述系统包括设置于电缆工井上方的 N 个无线传感节点、热电发生器及无线测温汇集器，其改进之处在于，电缆中间接头设置于电缆工井下方，单个无线传感节点和热电发生器依次并列安装于电缆中间接头的外表面上；所述无线测温汇集器安装于电缆终端、分支接头的开闭所、环网柜或电缆分支箱内，其天线延长至电缆沟道收集无线传感器节点的监测数据。

[0007] 优选的，所述热电发生器温度高的一侧粘贴在电缆中间接头外表皮上，温度低的一侧通过散热器将热流扩散到空气中；相邻电缆中间接头之间距离为 100 ～ 400 米。

[0008] 优选的，所述单个无线传感器节点包括依次连接能量收集器、微控制器和第一无

线收发器，半导体温度传感器与微控制器连接；半导体温度传感器和第一无线收发器均通过微控制器的 VOUT 管脚获取电源。

[0009] 较优选的，所述能量收集器包括能量收集管理芯片、微型变压器、超级电容以及电容器；所述微型变压器、超级电容以及电容器均连接在能量收集管理芯片上。

[0010] 较优选的，所述半导体温度传感器采用 TMP36 型号的传感器。

[0011] 较优选的，所述微控制器内部集成模数转换器、定时器、通用 I/O、中断控制器片上外设；

[0012] 微控制器通过串行外设 SPI 接口与第一无线收发器相连，并利用通用 I/O 输出关闭或关机信号 SDN 控制第一无线收发器的上电复位及工作电源。

[0013] 较优选的，利用热电发生器和能量收集器将电缆中间接头与环境的温差转换成电能，为所述无线传感器节点供电。

[0014] 优选的，所述无线测温汇集器由开闭所、环网柜或电缆分支箱内的市电、PT 电源或蓄电池供电，包括微处理器、第二无线收发器、GPRS 模块 / 光纤以太网接口、LCD 显示屏、射频电路和天线；所述第二无线收发器、GPRS 模块 / 光纤以太网接口和 LCD 显示屏分别与微处理器相连，所述天线通过射频电路与第二无线收发器相连。

[0015] 优选的，所述无线传感器节点与无线测温汇集器无线通信的频段为 433MHz，通信协议为 IEEE802.15.4g，并通过密钥进行认证。

[0016] 与现有技术比，本实用新型达到的有益效果是：

[0017] 1. 本实用新型提供的地埋电缆中间接头温度在线监测系统中，其无线传感器节点采用热电发生器 TEG 及能量收集器供电，避免了铺设专用供电电缆或定期更换电池的巨大工作量，同时排除了因采用电磁感应取电装置供电所带来的安全隐患及不可靠性，具有免维护、安装方便、成本低等优点；

[0018] 2. 本实用新型中的无线传感器节点与无线测温汇集器之间采用无线方式传输数据，免去了额外的通信线缆，同时系统抗电磁干扰能力强；

[0019] 3. 本实用新型中的无线传感器节点以很低的占空比工作，其数据上传采用了逐点收集的方式，从而降低了系统功耗；

[0020] 4. 本实用新型利用能量收集技术将废热转换为无线传感器节点工作所需的电能，起到了节能环保的作用。

附图说明

[0021] 图 1 是本实用新型提供的地埋电缆中间接头温度在线监测系统的结构图；

[0022] 图 2 是本实用新型提供的无线传感器节点结构原理图。

具体实施方式

[0023] 下面结合附图对本实用新型的具体实施方式作进一步的详细说明。

[0024] 针对现有电缆中间接头在线监测系统成本高、供电困难、安装及维护难度大等问题，本实用新型采用热电发生器与能量收集器将温差转换成电能为无线传感器供电，同时以无线方式采集监测数据；无线传感器以低功耗方式工作，从而降低了整个监测系统的功耗。

[0025] 本实用新型提供的地埋电缆中间接头温度在线监测系统的结构图如图 1 所示，该温度在线监测系统包括设置于电缆工井上方的至少一个的无线传感节点、热电发生器(TEG)、无线测温汇集器及后台监控中心(主站)构成。其中地埋电缆中间接头位于电缆工井下方，相邻接头的距离为 100 ～ 400 米；每个无线传感器节点与热电发生器依次并列安装在电缆中接头外表面上；无线测温汇集器安装于电缆终端或分支接头处的开闭所、环网柜或电缆分支箱内，其天线延长至电缆沟道收集无线传感器节点的监测数据，并将其通过 GPRS 或光纤发送到后台监控中心。

[0026] 一) 热电发生器 TEG：

[0027] 热电发生器 TEG 应用塞贝克效应(Seebeck Effect)可以将其两侧的温差转换为电压，输出电压的幅度和极性取决于温度差的幅度和极性。热电发生器温度高的一侧粘贴在电缆中间接头外表皮上，温度低的一侧通过散热器将热流扩散到空气中，以确保热电发生器两侧形成温差。

[0028] 二) 无线传感器节点：由能量收集器、微控制器、第一无线收发器及半导体温度传感器组成，其中，能量收集器、微控制器和第一无线收发器依次连接，半导体温度传感器与微控制器连接，其结构原理图如图 2 所示。

[0029] <1> 能量收集器主要包括能量收集管理芯片 LTC3108、微型变压器 T1 (型号：LPR6235-752SMLB)、超级电容以及其他电容器。能量收集器可以将 TEG 输出的电压(20mV ～ 500mV) 转换为微控制器、第一无线收发器和半导体温度传感器可以工作的电压(2.2V、3.3V)，当输出电压 VOUT 达到预设值的 93% 时便向微控制器输出有效的 PGOOD 信号，同时对超级电容进行充电至 5.25V。当 TEG 输出的电压低于 20mV 时，超级电容开始放电，并通过 LTC3108 为微控制器、第一无线收发器和半导体温度传感器供电。

[0030] <2> 半导体温度传感器 TMP36 将温度信号转换为模拟电压信号，并输出至微控制器。当其工作在正常模式时，工作电流小于 50μA；当其处于关闭模式时，工作电流小于 0.5μA。

[0031] <3> 微控制器是整个无线传感器节点的控制中心，其内部集成 ADC、定时器、通用 I/O、中断控制器等片上外设。微控制器通过 SPI 接口与第一无线收发器 SI4463 相连，并利用通用 I/O 输出 SDN 信号控制第一无线收发器的上电复位及工作电源。微控制器定时启动 ADC 将温度模拟信号转换为数字信号，并通过第一无线收发器发送监测数据。在不进行 A/D 转换时，微控制器便将输出给温度传感器的 #SHDN 信号置低，以降低温度传感器的功耗，同时禁用第一无线收发器发送功能。对于数据的接收，则采用监听模式，以降低无线收发器消耗的平均电流。微控制器闲置时便进入休眠模式，其工作电流可降至 1μA，并允许定时器中断唤醒器件。由于微控制器及第一无线收发器以较低的占空比工作，因此其平均功耗很低，为数毫瓦左右。

[0032] 三)无线测温汇集器：由开闭所 / 环网柜 / 电缆分支箱内的市电、PT 电源或蓄电池供电，包括微处理器、第二无线收发器、GPRS 模块 / 光纤以太网接口、LCD 显示屏、射频(RF)电路、天线等。其中，无线收发器、GPRS 模块 / 光纤以太网接口和 LCD 显示屏分别与微处理器相连，天线通过射频(RF)电路与第二无线收发器相连。

[0033] 无线测温汇集器的功能包括：收集电缆沟道中无线传感器节点上传的温度数据、温度数据的本地显示及告警、配置无线传感器节点的参数、接收并执行监控中心的命令、上

传监测数据等。

[0034] 本实用新型提供的监测系统中无线传感器节点与无线测温采集器无线通信的频段为 433MHz，通信协议为 IEEE802.15.4g，并通过密钥进行认证。

[0035] 本实用新型还提供一种地埋电缆中间接头温度在线监测的监测方法，包括下述步骤：

[0036] (1)热电发生器 TEG 将其两侧的温差转换为电压信号输出至能量收集器。能量收集器将微弱的电压(20 ～ 500mV)转换为微控制器和第一无线收发器可以工作的电压，其输出的平均功率 P_{OUT} 在 TEG 两侧温差为 5℃时约 1.5 ～ 2.5mW(具体数值取决于 TEG 的参数)。由于大多数情况下 P_{OUT} 不能维持无线传感器节点一直工作在正常模式下，因此该节点只能以一定占空比工作。能量收集器的输出端的电容 C_{OUT} 可保证无线传感器节点以最大功率工作一段时间后 V_{OUT} 不会跌至正常工作以下。C_{OUT} 的值可以由下述公式确定：

[0037] $C_{OUT} = I_{PULSE} * t_{PULSE} / \Delta V_{OUT}$；

[0038] 其中：I_{PULSE} 和 t_{PULSE} 分别为无线传感器节点的最大工作电流及其对应的工作时间，ΔV_{OUT} 为 V_{OUT} 输出端所允许的最大压降。

[0039] 若无线传感器节点正常工作时的功耗为 P_N，则其工作的占空比应小于 P_{OUT}/P_N。

[0040] 若无线传感器节点以固定占空比工作时的平均功耗为 P_Q，则当热电发生器 TEG 输出的电压小于 20mV 时，超级电容储存的能量能维持节点工作时间为：

[0041] $t_S = C_{STORE} * (5.25V - 3.3V) / P_Q$；

[0042] 其中：C_{STORE} 为超级电容的电容值。

[0043] (2)无线传感器节点采用逐点收集的方式上传监测数据至无线测温汇集器：电缆沟道中每个无线传感器节点中拥有唯一的编号及位置信息。数据上传采用逐点收集的方式：假设距离测温汇集器最远的节点编号为 1，其次为 2，距离测温汇集器最近的编号为 N；在进行温度数据上传时，首先是 1 号节点将数据传给 2 号节点，然后 2 号节点将 1 号节点与自身的数据一同发至 3 号节点，最后 N 号节点将所有节点的数据发给无线测温汇集器。所有节点在一个数据上传周期内仅发送一次数据，从而降低了其平均功耗。

[0044] (3)无线测温汇集器接收到传感器节点发送的数据后，便进行本地显示，同时根据需要将数据上传到监控中心，并提供报警功能。用户可通过 LCD 屏设置无线传感器节点的配置参数(如发射功率、数据采集与发送间隔、工作模式、时间与日期等。)数据下发时，首先无线测温汇集器将数据传给 N 号节点，然后由 N 号节点传给 N-1 号节点，最后由 2 号节点传给 1 号节点。

[0045] 本实用新型提供的地埋电缆中间接头温度在线监测系统，以能量收集及无线传感技术为核心，通过热电发生器及能量收集器将电缆中间接头表皮与环境的温差转换成电能为无线传感器供电，从而免去了传感器中的电池，使其具有免维护、安全可靠、便于安装等特点。

[0046] 最后应当说明的是：以上实施例仅用以说明本实用新型的技术方案而非对其限制，尽管参照上述实施例对本实用新型进行了详细的说明，所属领域的普通技术人员应当理解：依然可以对本实用新型的具体实施方式进行修改或者等同替换，而未脱离本实用新型精神和范围的任何修改或者等同替换，其均应涵盖在本实用新型的权利要求范围当中。

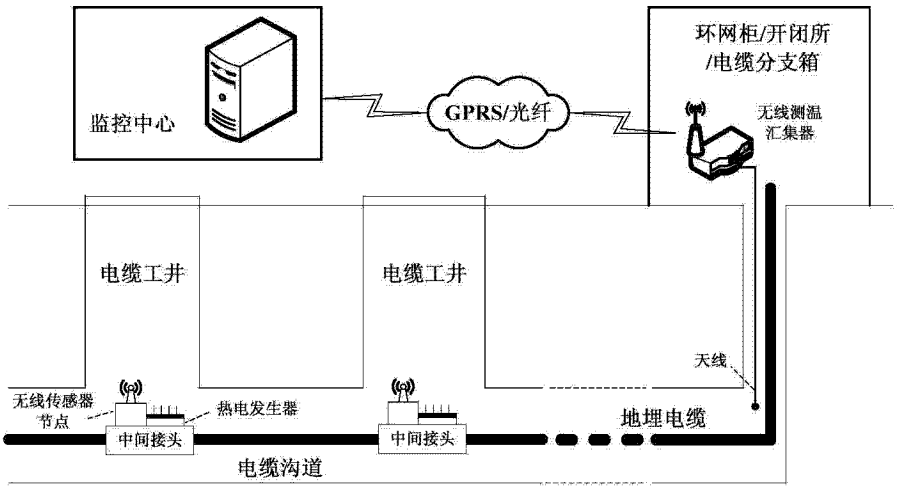

监控中心
GPRS/光纤
环网柜/开闭所
/电缆分支箱
无线测温
汇集器
电缆工井
电缆工井
天线
无线传感器
节点
热电发生器
中间接头
中间接头
地埋电缆
电缆沟道

图 1

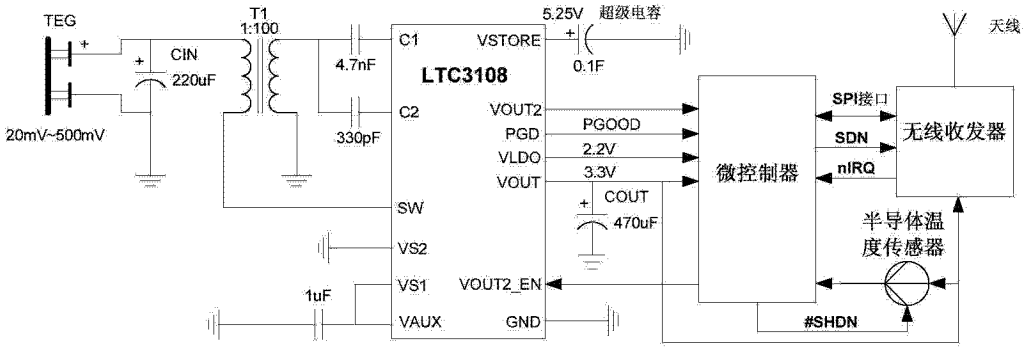

TEG
20mV~500mV
CIN
220uF
T1
1:100
4.7nF
330pF
C1
C2
SW
VS2
VS1
VAUX
1uF
LTC3108
VSTORE
VOUT2
PGD
VLDO
VOUT
VOUT2_EN
GND
5.25V
超级电容
0.1F
COUT
470uF
PGOOD
2.2V
3.3V
微控制器
SPI接口
SDN
nIRQ
#SHDN
无线收发器
天线
半导体温
度传感器

图 2