

(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 12 月 31 日 (31.12.2014)



(10) 国际公布号
WO 2014/206001 A1

- (51) 国际专利分类号:
G05D 23/19 (2006.01) *G01K 11/32* (2006.01)
H01F 27/08 (2006.01) *H01F 41/00* (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2013/088033
- (22) 国际申请日: 2013 年 11 月 28 日 (28.11.2013)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
201310265429.9 2013 年 6 月 28 日 (28.06.2013) CN
- (71) 申请人: 国网山西省电力公司太原供电公司
(TAIYUAN POWER SUPPLY COMPANY OF STATE
GRID SHANXI ELECTRIC POWER COMPANY)
[CN/CN]; 中国山西省太原市并州北路 89 号, Shanxi
030012 (CN)。 国网电力科学研究院武汉南瑞有限
责任公司 (WUHAN NARI LIMITED LIABILITY
COMPANY OF STATE GRID ELECTRIC POWER
RESEARCH INSTITUTE) [CN/CN]; 中国湖北省武汉
市洪山区珞瑜路 143 号, Hubei 430074 (CN)。 国家

电网公司 (STATE GRID CORPORATION OF
CHINA) [CN/CN]; 中国北京市西城区西长安街 86
号, Beijing 100031 (CN)。

- (72) 发明人: 及
- (71) 申请人: 张军六 (ZHANG, Junliu) [CN/CN]; 中国湖
北省武汉市洪山区珞瑜路 143 号, Hubei 430074
(CN)。 周国华 (ZHOU, Guohua) [CN/CN]; 中国湖
北省武汉市洪山区珞瑜路 143 号, Hubei 430074
(CN)。 熊莉娟 (XIONG, Lijuan) [CN/CN]; 中国湖
北省武汉市洪山区珞瑜路 143 号, Hubei 430074
(CN)。 高欣 (GAO, Xin) [CN/CN]; 中国湖北省武汉
市洪山区珞瑜路 143 号, Hubei 430074 (CN)。 高荣
贵 (GAO, Ronggui) [CN/CN]; 中国湖北省武汉市洪
山区珞瑜路 143 号, Hubei 430074 (CN)。 杨栋
(YANG, Dong) [CN/CN]; 中国湖北省武汉市洪山区
珞瑜路 143 号, Hubei 430074 (CN)。 王珊珊
(WANG, Shanshan) [CN/CN]; 中国湖北省武汉市洪
山区珞瑜路 143 号, Hubei 430074 (CN)。 梁嗣元
(LIANG, Siyuan) [CN/CN]; 中国湖北省武汉市洪山
区珞瑜路 143 号, Hubei 430074 (CN)。

[见续页]

(54) Title: METHOD FOR CONTROLLING LOAD OF TRANSFORMER BASED ON HOT SPOT TEMPERATURE MEAS-
URED BY USING FIBRE GRATING TECHNOLOGY

(54) 发明名称: 基于利用光纤光栅技术测量的热点温度的变压器负荷控制方法

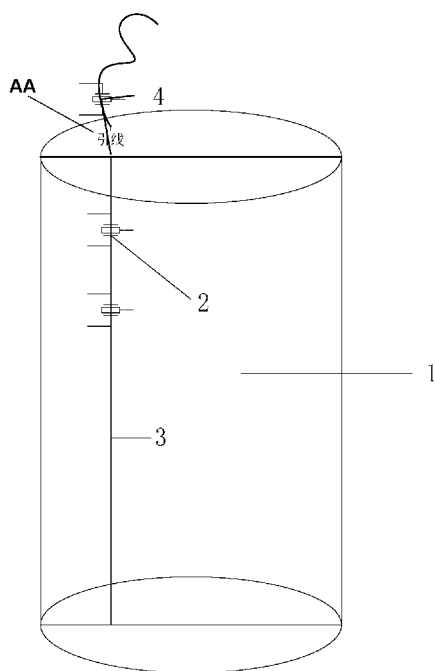


图 1 /Fig.1

AA Leading wire

(57) Abstract: A method for controlling the load of a transformer based on a hot spot temperature measured by using the fibre grating technology. In the production process of a transformer, fibre grating sensors (6) are arranged on the upper part of an internal winding (1) of the transformer, in the position of a leading wire and on the upper part of an iron core (5), and the control of a cooler of the transformer is directed by using real-time temperature data measured by the fibre grating sensors (6). In this method, the fibre grating sensors (6) are used to monitor the internal hottest spot temperature of the transformer to conduct the cooling control of the transformer, so that the control of a cooling system of the transformer can be conducted effectively in accordance with the operation state of the transformer itself and the influence of the external environment, thereby achieving the purpose of avoiding the generation of faults or the acceleration of insulation ageing caused by the high temperature in the transformer.

(57) 摘要: 一种基于利用光纤光栅技术测量的热点温度的变压器负荷控制方法, 在变压器生产过程中, 将变压器内部的绕组 (1) 上部、引线处、铁心 (5) 上部安装光纤光栅传感器 (6), 利用该光纤光栅传感器 (6) 测量的实时温度数据来指导变压器冷却器控制。该方法利用光纤光栅传感器 (6) 监测的变压器内部最热点温度进行变压器冷却控制, 可以切实有效地针对变压器本体运行状况与外界环境影响, 进行变压器冷却系统控制, 从而达到避免变压器内部由于高温发生故障或绝缘老化的加速的目的。

WO 2014/206001 A1



(74) **代理人：武汉帅丞知识产权代理有限公司** (WUHAN SHUAICHENG INTELLECTUAL PROPERTY AGENT LTD); 中国湖北省武汉市广八路 8 号 101 室, Hubei 430072 (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))。

基于利用光纤光栅技术测量的热点温度的变压器负荷控制方法

技术领域

本发明属于输变电设备中变压器冷却器自动控制领域,准确的说是一种基于利用光纤光栅温度测量系统监控变压器内部最热点温度,通过测量结果来指导变压器冷却器运作的方法。

背景技术

电力变压器作为现代电力系统中的重要设备,其绕组温度的高低直接关系到电力变压器的使用寿命以及输变电系统的运行安全,因此每个变电所都需要对变压器进行温度监测。变压器的绝缘性与老化率与绕组热点温度有关,超过温度的允许限值不但会降低变压器的运行寿命,还会对变压器的安全运行造成威胁。若绕组热点的温度过低,则变压器的能力就没有得到充分利用,降低了经济效益。变压器的温升限值以变压器的使用寿命(主要是绝缘材料的寿命)为基础。在相关的国家标准中对变压器在不同的负载运行情况下的温升限值或热点温度做了相应的规定。电力变压器国标 GB1094.2-1996《电力变压器第2部分温升》规定的电力变压器温升限值是根据不同的负载情况而定的。因此基于光纤光栅的变压器内部温度检测方法在电力系统智能电网改造中显得尤为关键,利用该系统准确地测量和在线监测绕组的热点温度具有重要的现实意义。

变压器在实际运行过程中,会产生大量的热量,使变压器内部温度急速升高,从而产生变压器绝缘系统老化加速,设备因高温损毁甚至可能发生爆炸等危险。对于大型油浸式变压器,其冷却系统一般采用的是强迫油循环风冷冷却器或者是强迫油循环水冷冷却器,现今其控制方法主要是通过对变压器的油顶层温度作为判定依据,从而对变压器冷却器进行调节。该方法的主要缺陷为:

- 1、只监测变压器的顶层温度并不能完全说明变压器内部的实际状况;
- 2、现今主要的控制方法为当油顶层温度达到一定温度时,通过调节变压器冷却器的运行数量来调节其内部温度,该方法不能对变压器内部温度进行较为平滑的调整;
- 3、变压器冷却器随着内部温度的变化进行频繁的启停,很容易发生其开关

故障；几组冷却器同时开启或关闭，有时无法实时有效的针对变压器热点位置进行冷却系统控制，从而可能由于局部高温，造成变压器内部局部区域绝缘老化加速，甚至发生损毁。

中国专利 CN200810014398.9《变压器冷却系统自动轮换投切控制装置》，公开了变压器冷却系统自动轮换投切控制装置，包括微型工控机、远程报警模块、若干个监测控制模块，各个监测控制模块的一端通过 R485 现场总线与微型工控机相连，另一端与冷却系统控制逻辑和指示电路连接，远程报警模块与冷却系统控制逻辑和指示电路连接。该发明仅为设定策略轮换投切控制装置，无法实时有效地对变压器内部温度进行监测并对冷却系统进行实时调整。

有鉴于此，本发明提供一种基于利用光纤光栅技术测量的热点温度的变压器负荷控制方法，以满足实际应用需要。

发明内容

本发明的目的是，克服现有技术的不足，发明一种可以利用光纤光栅监测的变压器内部最热点温度进行变压器冷却器控制方法，可以切实有效地针对变压器本体运行状况与外界环境影响，进行变压器冷却系统控制，从而达到避免变压器内部由于高温发生故障或绝缘老化的加速的目的。

本发明所采用的技术方案是：一种基于利用光纤光栅技术测量的热点温度的变压器负荷控制方法，在变压器生产过程中，将变压器内部的绕组上部、引线处、铁心上部安装光纤光栅传感器，利用该光纤光栅传感器测量的实时温度数据来指导变压器冷却器控制，其特征在于，具体步骤如下：

1) 在变压器生产过程中对变压器绕组位置的光纤上以及其引线处的光纤上埋设多个光纤光栅传感器，并利用绕组位置的光纤引出；

2) 在变压器生产过程中对变压器铁心位置的光纤上安装多个光纤光栅传感器，并尽可能将光纤光栅传感器布置在变压器铁心上半部分；

3) 将安装好了光纤光栅传感器的器身按照正常的变压器生产流程进行生产，生产完成后进行变压器的温升试验，在试验过程中全程实时监测并采集变压器内部温度变化并对所对应的一个或几个光纤光栅传感器进行记录，变压器温升试验完成后利用光纤光栅传感器测量结果找出并记录变压器内部最热部分，并在以后

的运行过程中设这部分温度记为 T ， T 为测量的最高值或者是平均值；

4) 制定如下冷却器控制策略：

1. 当 $T < 60^{\circ}\text{C}$ 时，冷却器不开放，其中只依靠绝缘油的自身散热冷却；
2. 当 $T = 60^{\circ}\text{C}$ 时，开启第一个冷却器；
3. 当 $T > 60^{\circ}\text{C}$ 时，当 T 每增加 10°C ，就多开启一个冷却器，直至冷却器完全开放；
4. 当 $T \geq 130^{\circ}\text{C}$ 时，则变压器需要停机检修。

本发明的有益效果是：本发明的方法利用光纤光栅监测的变压器内部最热点温度进行变压器冷却控制，可以切实有效地针对变压器本体运行状况与外界环境影响，进行变压器冷却系统控制，从而达到避免变压器内部由于高温发生故障或绝缘老化的加速的目的。

附图说明

图 1 是本发明绕组光纤光栅传感器布置图。

图 2 是本发明铁心光纤光栅传感器布置图。

具体实施方式

为了更好地理解本发明，下面结合实施例进一步阐明本发明的内容，但本发明的内容不仅仅局限于下面的实施例。本领域技术人员可以对本发明作各种改动或修改，这些等价形式同样在本申请所列权利要求书限定范围之内。

附图中的符号说明：1-绕组、2-光纤光栅传感器、3-光纤、4-光纤光栅传感器、5-铁心、6-光纤光栅传感器、7-光纤、8-旁轭。

在变压器生产过程中将光纤光栅传感器埋入变压器器身内部中可能存在最热点的部位，一般为变压器绕组上部、铁心上部、油道内、引线处等，由于光纤光栅传感器体积小，并可以直接安置在光纤内部，因此可以较为轻松的埋入并监测。

如图 1 所示，在绕组位置的光纤 3 上安置绕组、引线光栅传感器 2、4，在变压器生产过程中对变压器绕组 1 以及其引线埋设光纤光栅传感器 2、4，并利用绕组位置的光纤 3 引出，埋设位置要尽可能的在绕组 1 的上半部分埋设，注意

绕组位置的光纤 3 在安装过程中容易损坏。

如图 2 所示，在铁心位置的光纤 7 上安装多个光纤光栅传感器 6，并将光纤光栅传感器 6 布置在变压器铁心 5 上半部分，应尽可能多的布置更多的光纤光栅传感器 6，注意铁心位置的光纤 7 在安装过程中容易损坏。

将安装好的光纤光栅传感器 2、4、6 的器身按照正常的变压器生产流程进行生产，其中注意防止在生产过程中损坏光纤 3、7。

生产完成后进行变压器的温升试验，在试验过程中全程实时监测并采集变压器内部温度变化并对所对应的一个或几个光纤光栅传感器进行记录，变压器温升试验完成后利用光纤光栅传感器测量结果找出并记录变压器内部最热部分，并在以后的运行过程中设这部分温度记为 T （可以是测量的最高值也可以是平均值）。

运行单位在运行过程中可以采用以下冷却器控制策略：

1. 当 $T < 60^{\circ}\text{C}$ 时，冷却器不开放，其中只依靠绝缘油的自身散热冷却。
2. 当 $T = 60^{\circ}\text{C}$ 时，开启第一个冷却器。
3. 当 $T > 60^{\circ}\text{C}$ 时，当 T 每增加 10°C ，就多开启一个冷却器，直至冷却器完全开放。
4. 当 $T \geq 130^{\circ}\text{C}$ 时，变压器需要停机检修。

以上仅为本发明的实施例而已，并不用于限制本发明，因此，凡在本发明的精神和原则之内，所做的任何修改、等同替换、改进等，均应包含在本发明的权利要求范围之内。

1、一种基于利用光纤光栅技术测量的热点温度的变压器负荷控制方法，在变压器生产过程中，将变压器内部的绕组上部、引线处、铁心上部安装光纤光栅传感器，利用该光纤光栅传感器测量的实时温度数据来指导变压器冷却器控制，其特征在于，具体步骤如下：

1) 在变压器生产过程中对变压器绕组位置的光纤上以及其引线处的光纤上埋设多个光纤光栅传感器，并利用绕组位置的光纤引出；

2) 在变压器生产过程中对变压器铁心位置的光纤上安装多个光纤光栅传感器，并尽可能将光纤光栅传感器布置在变压器铁心上半部分；

3) 将安装好了光纤光栅传感器的器身按照正常的变压器生产流程进行生产，生产完成后进行变压器的温升试验，在试验过程中全程实时监测并采集变压器内部温度变化并对所对应的一个或几个光纤光栅传感器进行记录，变压器温升试验完成后利用光纤光栅传感器测量结果找出并记录变压器内部最热部分，并在以后的运行过程中设这部分温度记为 T ， T 为测量的最高值或者是平均值；

4) 制定如下冷却器控制策略：

1. 当 $T < 60^{\circ}\text{C}$ 时，冷却器不开放，其中只依靠绝缘油的自身散热冷却；
2. 当 $T = 60^{\circ}\text{C}$ 时，开启第一个冷却器；
3. 当 $T > 60^{\circ}\text{C}$ 时，当 T 每增加 10°C ，就多开启一个冷却器，直至冷却器完全开放；
4. 当 $T \geq 130^{\circ}\text{C}$ 时，则变压器需要停机检修。

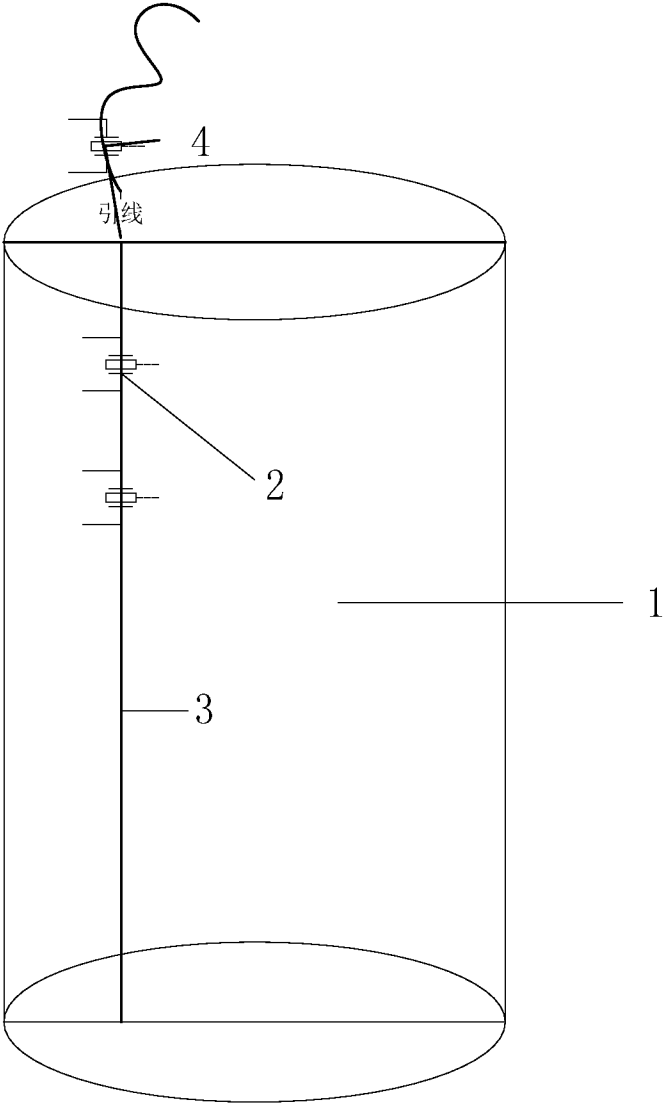


图 1

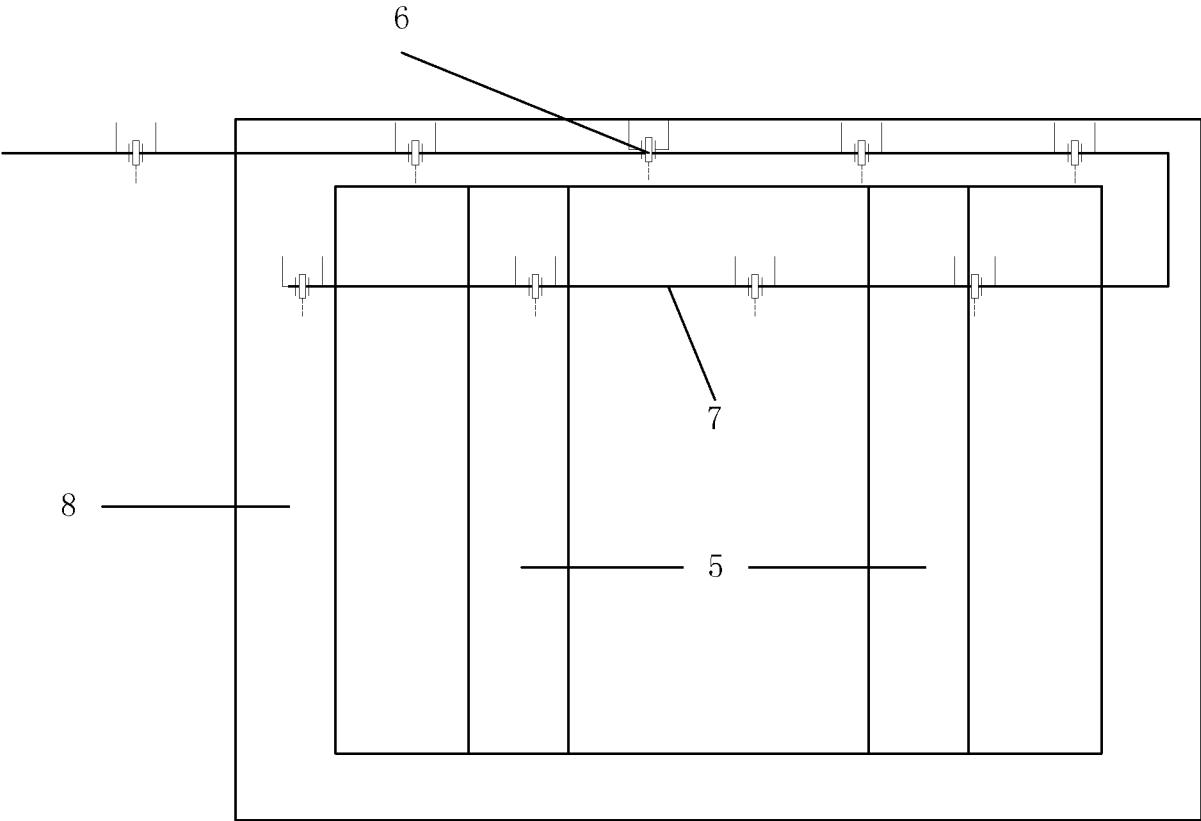


图 2

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2013/088033

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

See the extra sheet

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)

IPC: G05D 23/-; H01F 27/-;H01F 41/-;G01K 11/32

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, CNTXT: transformer, fibre, grating, temperature, measure, detect, monitor, sense, temperature measurement, temperature control, cooling, hottest, highest, winding, leading wire, iron core

DWPI, SIPOABS: transformer, fiber, fibre, sensor?, sensing, detect+, measur+, temperature, cool+, refrigerat+

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	CN 202221693 U (SANBIAN SCI-TECH CO., LTD.), 16 May 2012 (16.05.2012), description, pages 1-3, and figures 1-2	1
A	CN 101949744 A (WUHAN NARI LIMITED LIABILITY COMPANY OF STATE GRID ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE), 19 January 2011 (19.01.2011), the whole document	1
A	CN 103149953 A (WUHAN NARI LIMITED LIABILITY COMPANY OF STATE GRID ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE), 12 June 2013 (12.06.2013), the whole document	1
A	CN 102759418 A (CHANGZHI ELECTRIC POWER SUPPLY BRANCH OF SHANXI ELECTRIC POWER COMPANY), 31 October 2012 (31.10.2012), the whole document	1
A	CN 102818656 A (DALIAN SHIYOU ELECTRIC POWER TECHNOLOGY CO., LTD.), 12 December 2012 (12.12.2012), the whole document	1
A	US 7377689 B2 (QUALITROL CORP.), 27 May 2008 (27.05.2008), the whole document	1

☐ 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
24 March 2014 (24.03.2014)

Date of mailing of the international search report
03 April 2014 (03.04.2014)

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

DU, Juan

Telephone No.: (86-10) **62085839**

International application No.
PCT/CN2013/088033

Form PCT/ISA/210 (patent family annex) (July 2009)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2013/088033

CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G05D 23/19 (2006.01) i

H01F 27/08 (2006.01) i

G01K 11/32 (2006.01) i

H01F 41/00 (2006.01) i

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2013/088033

A. 主题的分类

参见附加页

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)

IPC:G05D23/-;H01F27/-;H01F41/-;G01K11/32

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,CNTEXT: 变压器,光纤,光栅,温度,测量,检测,监测,传感,感测,测温,温控,控温,冷却,最热,最高,绕组,引线,铁芯,铁心

DWPI,SIPOABS: transformer, fiber, fibre, sensor?, sensing, detect+, measur+, temperature, cool+, refrigerat+

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
X	CN202221693 U(三变科技股份有限公司) 16.5 月 2012(16.05.2012) 说明书 1-3 页, 图 1-2	1
A	CN101949744 A(国网电力科学研究院武汉南瑞有限责任公司) 19.1 月 2011(19.01.2011) 全文	1
A	CN103149953 A(国网电力科学研究院武汉南瑞有限责任公司) 12.6 月 2013(12.06.2013) 全文	1
A	CN102759418 A(山西省电力公司长治供电分公司) 31.10 月 2012(31.10.2012) 全文	1
A	CN102818656 A(大连世有电力科技有限公司) 12.12 月 2012(12.12.2012) 全文	1
A	US7377689 B2(QUALITROL CORP) 27.5 月 2008(27.05.2008) 全文	1



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

24.3 月 2014(24.03.2014)

国际检索报告邮寄日期

03.4 月 2014 (03.04.2014)

ISA/CN 的名称和邮寄地址:

中华人民共和国国家知识产权局

中国北京市海淀区蓟门桥西土城路 6 号 100088

传真号: (86-10)62019451

受权官员

杜鹃

电话号码: (86-10) **62085839**

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号
PCT/CN2013/088033

检索报告中引用的 专利文件	公布日期	同族专利	公布日期
CN202221693 U	16.05.2012	无	
CN101949744 A	19.01.2011	CN101949744 B	08.08.2012
CN103149953 A	12.06.2013	无	
CN102759418 A	31.10.2012	无	
CN102818656 A	12.12.2012	无	
US7377689 B2	27.05.2008	US2006250683 A1	09.11.2006

主题的分类

G05D23/19 (2006.01)i

H01F27/08 (2006.01)i

G01K11/32 (2006.01)i

H01F41/00 (2006.01)i