



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 106295191 B

(45)授权公告日 2018.11.30

(21)申请号 201610660056.9

(22)申请日 2016.08.12

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 106295191 A

(43)申请公布日 2017.01.04

(73)专利权人 国网河北省电力公司电力科学研究院

地址 050021 河北省石家庄市裕华区体育南大街238号

专利权人 国家电网公司
河北省电力建设调整试验所

(72)发明人 刘宏亮 潘瑾 赵军 高树国
邢超 王卓然

(74)专利代理机构 石家庄新世纪专利商标事务
所有限公司 13100

代理人 董金国 李志民

(51)Int.Cl.

G06Q 10/06(2012.01)

(56)对比文件

CN 102867133 A,2013.01.09,

CN 104361241 A,2015.02.18,

US 2015/0207303 A1,2015.07.23,

游剑辉.强油风冷变压器冷却系统积污.《青海电力》.2013,第13-15页.

王桂林等.提高室内变压器通风及散热能力的研究.《资源节约与环保》.2014,第13、74页.

审查员 顾明海

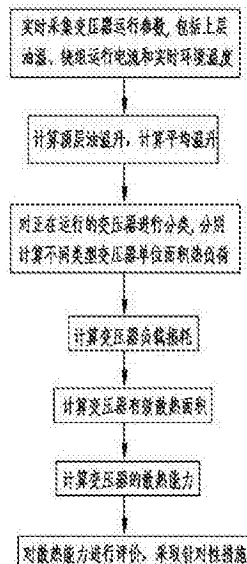
权利要求书2页 说明书6页 附图1页

(54)发明名称

一种大型变压器散热能力计算评估的新方法

(57)摘要

本发明公开了一种大型变压器散热能力计算评估的新方法,首次利用上层油温升的变化来对变压器散热能力进行计算,通过变压器上层油温升计算得到平均温升,由此计算得到单位面积热负荷并与变压器负载损耗一起计算得到变压器的有效散热面积,由此对变压器的散热能力进行量化,通过等级分析评估变压器的散热能力,并采取相应的应对措施。本发明可以用来评估各变压器的负载能力,解决了当前无法在变压器运行状态下对其散热能力进行评估的难题;适用范围广、可靠性高、成本低。



1. 一种大型变压器散热能力计算评估的新方法,其特征在于,包括以下步骤:

(1) 实时采集运行中的变压器运行参数,所述运行参数包括上层油温、绕组运行电流和实时环境温度,记录原则为:记录每天变压器负荷最大时变压器的运行参数或记录每天14:00时变压器的运行参数;

(2) 由公式(1)计算得出上层油温升,由公式(2)计算得出平均温升,

$$\Delta \theta_x = T_1 - T \quad (1)$$

公式(1)中, T_1 为上层油温,单位为 $^{\circ}\text{C}$;

T 为实时环境温度,单位为 $^{\circ}\text{C}$;

$\Delta \theta_x$ 为上层油温升,单位为K;

$$\Delta \theta_o = (\Delta \theta_x - \Delta \theta_s) / 1.2 \quad (2)$$

公式(2)中: $\Delta \theta_o$ 为平均温升,单位为K;

$\Delta \theta_x$ 为上层油温升,单位为K;

$\Delta \theta_s$ 为油温升校正值,单位为K;

(3) 根据变压器的型号对正在运行的变压器进行分类,主要分为油浸式自冷变压器和油浸式风冷变压器,针对不同类型的变压器,分别计算变压器单位面积热负荷,

当变压器为油浸式自冷变压器时,通过公式(3)计算单位面积热负荷:

$$q = (\Delta \theta_o / 0.262)^{1.25} \quad (3)$$

公式(3)中, q 为单位面积热负荷,单位为 W/m^2 ;

$\Delta \theta_o$ 为平均温升,单位为K;

当变压器为油浸式风冷变压器时,通过公式(4)计算单位面积热负荷:

$$q = (\Delta \theta_o / 0.191)^{1.25} \quad (4)$$

公式(4)中, q 为单位面积热负荷,单位为 W/m^2 ;

$\Delta \theta_o$ 为平均温升,单位为K;

(4) 通过公式(5)计算变压器负载损耗:

$$P_K = P_E (I / I_N)^2 \quad (5)$$

公式(5)中, P_E 为额定电流下变压器负载损耗,单位为kW;

P_K 为变压器负载损耗,单位为kW;

I_N 为变压器供电系统的额定电流,单位为A;

I 为绕组运行电流,单位为A;

(5) 计算变压器有效散热面积:

$$S = (P_o + P_K) / (q \times 0.001) \quad (6)$$

公式(6)中, P_o 为变压器空载损耗,单位为kW;

P_K 为变压器负载损耗,单位为kW;

q 为单位面积热负荷,单位为 W/m^2 ;

S 为变压器有效散热面积,单位为 m^2 ;

(6) 定义变压器在投运初期的散热面积为额定散热面积,定义变压器有效散热面积与变压器额定散热面积的比值为变压器的散热能力,通过公式(7)计算得到变压器的散热能力,

$$D = S / S_N \quad (7)$$

公式(7)中, D 为变压器的散热能力;

S_N 为变压器额定散热面积,单位为 m^2 ;

S 为变压器有效散热面积,单位为 m^2 ;

(7) 将计算得到的散热能力 D 分级,依据不同分级的数据对变压器的散热能力进行分析评估,

一级: $0.9 < D \leq 1.0$, 散热能力良好;

二级: $0.8 < D \leq 0.9$, 散热能力下降;

三级: $D \leq 0.8$, 散热故障。

一种大型变压器散热能力计算评估的新方法

技术领域

[0001] 本发明涉及变压器运行维护领域,具体涉及一种大型变压器散热能力计算评估的新方法。

背景技术

[0002] 变压器的发热和冷却是一个由三种物质组成的体系,三种物质分别是绕组、铁芯和变压器油。绕组和铁芯产生的热一部分增加了自身的温度,另一部分通过绕组和铁芯与变压器油的接触传给了变压器油,传给变压器油的热量一部分增加了变压器油的温度,另一部分通过冷却表面或冷却装置传给冷却介质。绕组和铁芯间因为存在绝缘装置,其热量交换可以忽略不计。在稳定状态下,绕组和铁芯对油各有一定的温度梯度,以便传出热量,而变压器油对空气也有温升,以便传出热量。

[0003] 电力变压器的负载能力和可用寿命取决于它的热特性,即能否及时的将变压器内部产生的热量传递到周围环境中。一般来说,变压器散热能力取决于变压器外部的散热能力。

[0004] 变压器运行中的负载损耗和空载损耗都将转换成热能向外发散,从而引起变压器不断发热和温度升高,形成对周围冷却介质的温度差(俗称温升),变压器经过一段时间运行后,绕组热点对油及外部环境的温升是一个较为稳定的状态。一般来说,变压器负荷越大,变压器的温升越高。在同一负荷下,变压器温升水平的高低,直接决定了变压器带负荷的能力。随着变压器运行时间的延长,部分散热能力下降,上层油温升高,变压器负载能力下降。此外由于运行中不恰当的操作,如冷却器或散热片的阀门没有打开,会导致变压器散热能力下降。目前,除红外测温等定点巡视的手段外,尚无有效的手段在线实时监督并评估变压器散热能力的变化。

发明内容

[0005] 本发明的目的是提供一种大型变压器散热能力计算评估的新方法,实现了在变压器运行状态下,在线实时监督并评估变压器散热能力的变化。

[0006] 本发明的目的通过以下技术方案来实现:

[0007] 一种大型变压器散热能力计算评估的新方法,包括以下步骤:

[0008] (1)实时采集运行中的变压器运行参数,所述运行参数包括上层油温、变压器绕组运行电流和实时环境温度,记录原则为:记录每天变压器负荷最大时变压器的运行参数或记录每天14:00时变压器的运行参数;

[0009] (2)由公式(1)计算得出上层油温升,由公式(2)计算得出平均温升,

$$[0010] \quad \Delta \theta_{\text{油}} = T_1 - T \quad (1)$$

[0011] 公式(1)中, T_1 为上层油温,单位为 $^{\circ}\text{C}$;

[0012] T 为实时环境温度,单位为 $^{\circ}\text{C}$;

[0013] $\Delta \theta_{\text{油}}$ 为上层油温升,单位为K;

[0014] $\Delta \theta_o = (\Delta \theta_u - \Delta \theta_s) / 1.2$ (2)

[0015] 公式(2)中: $\Delta \theta_o$ 为平均温升,单位为K;

[0016] $\Delta \theta_u$ 为上层油温升,单位为K;

[0017] $\Delta \theta_s$ 为油温升校正值,单位为K;

[0018] (3)根据变压器的型号对正在运行的变压器进行分类,主要分为油浸式自冷变压器和油浸式风冷变压器,针对不同类型的变压器,分别计算变压器单位面积热负荷,

[0019] 当变压器为油浸式自冷变压器时,通过公式(3)计算单位面积热负荷:

[0020] $q = (\Delta \theta_o / 0.262)^{1.25}$ (3)

[0021] 公式(3)中, q 为单位面积热负荷,单位为 W/m^2 ;

[0022] $\Delta \theta_o$ 为平均温升,单位为K;

[0023] 当变压器为油浸式风冷变压器时,通过公式(4)计算单位面积热负荷:

[0024] $q = (\Delta \theta_o / 0.191)^{1.25}$ (4)

[0025] 公式(4)中, q 为单位面积热负荷,单位为 W/m^2 ;

[0026] $\Delta \theta_o$ 为平均温升,单位为K;

[0027] (4)通过公式(5)计算变压器负载损耗:

[0028] $P_k = P_E (I / I_N)^2$ (5)

[0029] 公式(5)中, P_E 为额定电流下变压器负载损耗,单位为kW;

[0030] P_k 为变压器负载损耗,单位为kW;

[0031] I_N 为变压器供电系统的额定电流,单位为A;

[0032] I 为流过变压器绕组的电流,单位为A;

[0033] (5)计算变压器有效散热面积:

[0034] $S = (P_o + P_k) / (q \times 0.001)$ (6)

[0035] 公式(6)中, P_o 为变压器空载损耗,单位为kW;

[0036] P_k 为变压器负载损耗,单位为kW;

[0037] q 为单位面积热负荷,单位为 W/m^2 ;

[0038] S 为变压器有效散热面积,单位为 m^2 ;

[0039] (6)定义变压器在投运初期的散热面积为额定散热面积,定义变压器实时的散热面积与变压器额定散热面积的比值为变压器的散热能力,通过公式(7)计算得到变压器的散热能力,

[0040] $D = S / S_N$ (7)

[0041] 公式(7)中, D 为变压器的散热能力;

[0042] S_N 为变压器额定散热面积,单位为 m^2 ;

[0043] S 为变压器实时散热面积,单位为 m^2 ;

[0044] (7)将计算得到的散热能力 D 分级,依据不同分级的数据对变压器的散热能力进行分析评估,

[0045] 一级: $0.9 < D \leq 1.0$,散热能力良好,未存在明显下降;

[0046] 二级： $0.8 < D \leq 0.9$ ，散热能力下降，已影响到变压器负载能力；

[0047] 三级： $D \leq 0.8$ ，散热故障，需要停电检查。

[0048] 采用上述技术方案所产生的有益效果在于：

[0049] (1) 本发明首次利用上层油温升的变化来对变压器散热能力进行计算，对变压器的散热能力进行量化，用来评估各变压器的负载能力，解决了当前无法在变压器运行状态下对其散热能力进行评估的难题；

[0050] (2) 本发明中变压器上层油温升变化由冷却效率或内部结构变化引起，决定着变压器带负荷能力，该方法实现了在变压器运行状态下对其散热能力的实时计算和分析；

[0051] (3) 本发明适用范围广，可对各种不同形式变压器的温升变化情况进行检测诊断，由于该法加入了多种类型变压器的初始化信息，使其能适用于多种不同电压等级、不同冷却方式的变压器的负荷能力的评估；

[0052] (4) 本发明可靠性高、成本低，由于可以用普通计算机进行实时计算，降低了硬件投入成本，同时减少了工作人员的参与，提高了工作效率及减少人员参与带来的工作误差，提高了可靠性。

附图说明

[0053] 图1是本发明的工作流程图。

具体实施方式

[0054] 下面结合附图1和具体实施例对本发明作进一步详细的说明。

[0055] 实施例1

[0056] 以容量为180MVA，额定电压220kV的油浸式自冷变压器为例，变压器高压额定电流 I_N 为472A，变压器空载损耗 P_0 为100kW，额定电流下变压器负载损耗 P_E 为520kW：

[0057] (1) 实时采集运行中的变压器运行参数，所述运行参数包括上层油温 T_1 、变压器绕组运行电流 I 和实时环境温度 T ，记录原则为：记录每天变压器温度最高时的运行参数，由于变压器温度最高时无法确定，选取下午14:00时变压器的运行参数；各运行参数数值如表1所示：

[0058] 表1 实施例1的变压器运行参数数值

T (°C)	T_1 (°C)	I (A)	I_N (A)	I/I_N (%)
35	80	385	472	81.6

[0060] (2) 将上述运行参数代入公式(1)计算得到上层油温升 $\Delta \theta_x$ ，

$$[0061] \quad \Delta \theta_x = T_1 - T \quad (1)$$

$$[0062] \quad \text{即 } \Delta \theta_x = 80 - 35 = 45\text{K}$$

$$[0063] \quad \Delta \theta_o = (\Delta \theta_x - \Delta \theta_g) / 1.2 \quad (2)$$

[0064] 公式(2)中： $\Delta \theta_o$ 为平均温升，单位为K；

[0065] $\Delta \theta_x$ 为上层油温升，单位为K；

[0066] $\Delta \theta_o$ 为油温升校正值,单位为K;

[0067] 其中,油温升校正值 $\Delta \theta_o$ 由供应厂家提供,或根据《电力变压器理论与计算》相关章节查表得知, $\Delta \theta_o = 10\text{K}$;因此, $\Delta \theta_o = (45-10)/1.2 = 29.2\text{K}$;

[0068] (3)对正在运行的变压器分类,本发明实施例1中的变压器为油浸式自冷变压器,因此,根据公式(3)计算变压器单位面积热负荷,

$$[0069] \quad q = (\Delta \theta_o / 0.262)^{1.25} \quad (3)$$

[0070] 公式(3)中, q 为单位面积热负荷,单位为 W/m^2 ;

[0071] $\Delta \theta_o$ 为平均温升,单位为K;

$$[0072] \quad \text{即 } q = (\Delta \theta_o / 0.262)^{1.25} = 362.1\text{W}/\text{m}^2$$

[0073] (4)变压器负载损耗随着变压器负荷的增大而增大,通过如下公式(5)计算变压器负载损耗:

$$[0074] \quad P_K = P_E (I / I_N)^2 = 520 \times 0.816^2 = 346.2\text{kW} \quad (5)$$

[0075] 公式(5)中, P_E 为额定电流下的变压器负载损耗,单位为kW;

[0076] P_K 为变压器负载损耗,单位为kW;

[0077] I_N 为变压器供电系统的额定电流,单位为A;

[0078] I 为流过变压器绕组的电流,单位为A;

[0079] (5)计算变压器有效散热面积:

$$[0080] \quad S = (P_o + P_K) / (q \times 0.001) = (346.2 + 100) / (362.1 \times 0.001) = 1232.3\text{m}^2 \quad (6)$$

[0081] 公式(6)中, P_o 为变压器空载损耗,单位为kW;

[0082] P_K 为变压器负载损耗,单位为kW;

[0083] q 为单位面积热负荷,单位为 W/m^2 ;

[0084] S 为变压器有效散热面积,单位为 m^2 ;

[0085] 其中,变压器空载损耗 P_o 是变压器铁芯的损耗,一般变压器投入运行后空载损耗不变,用变压器出厂试验的数据即可;

[0086] (6)定义变压器在投运初期的散热面积为额定散热面积,定义变压器实时的散热面积与变压器额定散热面积的比值为变压器的散热能力,通过公式(7)计算得到变压器的散热能力,

$$[0087] \quad D = S / S_N \quad (7)$$

[0088] 公式(7)中, D 为变压器的散热能力;

[0089] S_N 为变压器额定散热面积,单位为 m^2 ,数值为 $S_N = 1600\text{m}^2$;

[0090] S 为变压器实时散热面积,单位为 m^2 ;

[0091] 由此, $D = 1232.3/1600 = 0.77$

[0092] (7)对照本发明中对变压器散热能力 D 的分级,得知本发明实施例1中的变压器散热能力 $D < 0.8$,属于三级,散热故障,需要停电检查;经检查发现,变压器运行中,一组散热器的阀门关闭,导致变压器散热能力下降,打开阀门后,变压器散热能力恢复正常。

[0093] 实施例2

[0094] 以容量为180MVA,额定电压220kV的油浸式自冷变压器为例,变压器高压额定电流 I_N 为472A,变压器空载损耗 P_o 为100kW,额定电流下变压器负载损耗 P_E 为520kW:

[0095] (1)实时采集运行中的变压器运行参数,所述运行参数包括上层油温 T_1 、变压器绕组运行电流 I 和实时环境温度 T ,记录原则为:记录每天变压器负荷最大时变压器的运行参数;各运行参数数值如表2所示:

[0096] 表2 实施例2的变压器运行参数数值

T (°C)	T_1 (°C)	I (A)	I_N (A)	I/I_N (%)
35	82	385	472	81.6

[0098] (2)将上述运行参数代入公式(1)计算得到上层油温升 $\Delta \theta_x$,

$$[0099] \quad \Delta \theta_x = T_1 - T \quad (1)$$

$$[0100] \quad \text{即 } \Delta \theta_x = 82 - 35 = 47\text{K}$$

$$[0101] \quad \Delta \theta_o = (\Delta \theta_x - \Delta \theta_s) / 1.2 \quad (2)$$

[0102] 公式(2)中: $\Delta \theta_o$ 为平均温升,单位为K;

[0103] $\Delta \theta_x$ 为上层油温升,单位为K;

[0104] $\Delta \theta_s$ 为油温升校正值,单位为K;

[0105] 其中,油温升校正值 $\Delta \theta_s$ 由供应厂家提供,或根据《电力变压器理论与计算》相关章节查表得知, $\Delta \theta_s = 10\text{K}$;因此, $\Delta \theta_o = (47 - 10) / 1.2 = 30.8\text{K}$;

[0106] (3)对正在运行的变压器进行分类,本发明实施例2中的变压器为油浸式自冷变压器,因此,根据公式(3)计算变压器单位面积热负荷,

$$[0107] \quad q = (\Delta \theta_o / 0.262)^{1.25} \quad (3)$$

[0108] 公式(3)中, q 为单位面积热负荷,单位为 W/m^2 ;

[0109] $\Delta \theta_o$ 为平均温升,单位为K;

$$[0110] \quad \text{即 } q = (\Delta \theta_o / 0.262)^{1.25} = 387.1 \text{ W}/\text{m}^2$$

[0111] (4)变压器负载损耗随着变压器负荷的增大而增大,通过如下公式(5)计算变压器负载损耗:

$$[0112] \quad P_K = P_E (I / I_N)^2 = 520 \times 0.816^2 = 346.2\text{kW} \quad (5)$$

[0113] 公式(5)中, P_E 为额定电流下变压器负载损耗,单位为kW;

[0114] P_K 为变压器负载损耗,单位为kW;

[0115] I_N 为变压器供电系统的额定电流,单位为A;

[0116] I 为流过变压器绕组的电流,单位为A;

[0117] (5)计算变压器有效散热面积:

$$[0118] \quad S = (P_o + P_K) / (q \times 0.001) = (346.2 + 100) / (387.1 \times 0.001) = 1152.7\text{m}^2 \quad (6)$$

[0119] 公式(6)中, P_o 为变压器空载损耗,单位为kW;

[0120] P_K 为变压器负载损耗,单位为kW;

[0121] q 为单位面积热负荷,单位为 W/m^2 ;

[0122] S 为变压器有效散热面积,单位为 m^2 ;

[0123] 其中,变压器空载损耗 P_0 是变压器铁芯的损耗,一般变压器投入运行后空载损耗不变,用变压器出厂试验的数据即可;

[0124] (6)定义变压器在投运初期的散热面积为额定散热面积,定义变压器实时的散热面积与变压器额定散热面积的比值为变压器的散热能力,通过公式(7)计算得到变压器的散热能力,

$$[0125] \quad D = S / S_N \quad (7)$$

[0126] 公式(7)中, D 为变压器的散热能力;

[0127] S_N 为变压器额定散热面积,单位为 m^2 ,数值为 $S_N = 1600m^2$;

[0128] S 为变压器实时散热面积,单位为 m^2 ;

[0129] 由此, $D = 1152.7/1600=0.72$

[0130] (7)对照本发明中对变压器散热能力 D 的分级,得知本发明实施例2中的变压器散热能力 $D < 0.8$,属于三级,散热故障,需要停电检查。

[0131] 当变压器为油浸式风冷变压器时散热能力的计算方法除变压器有效散热面积 S 用公式(4)计算外,其余方法和步骤如上述实施例1或2所述计算评估方法。

[0132] 以上实施例仅为本发明的一部分实施例,而不是全部的实施例,基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都应当被认为包含在本发明权利要求的保护范围之内。

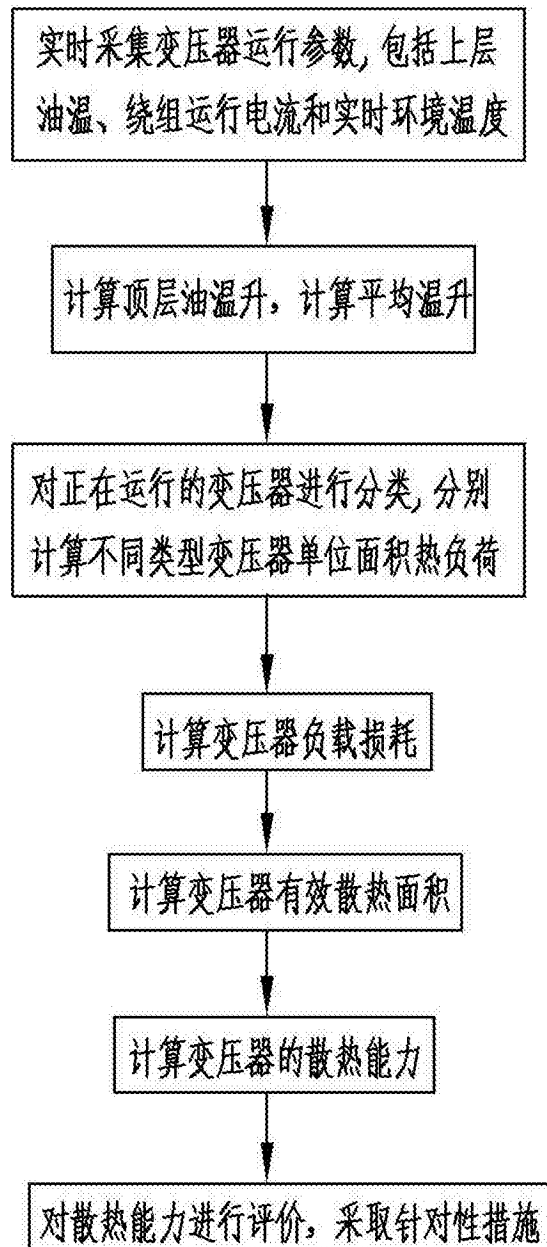


图1