

DOI:10.12158/j.2096-3203.2020.02.028

变压器防尘网格栅设计

谭风雷¹, 陈昊¹, 马宏忠², 徐刚¹, 张鹏¹(1. 国网江苏省电力有限公司检修分公司, 江苏 南京 211102;
2. 河海大学能源与电气学院, 江苏 南京 211100)

摘要:针对防尘网格栅宽度设计不合理影响变压器散热的问题,文中提出了一种变压器防尘网格栅宽度设计方法,该方法在保证变压器散热效果的基础上,从风速衰减率和防尘网重量2个目标出发,建立优化模型,进而求解得到防尘网最优格栅宽度。在充分研究防尘网格栅结构的基础上,详细给出了防尘网最优格栅宽度设计步骤,并以1 000 kV特高压变压器为例,计算得到了最优格栅宽度。最后经第三方风阻率测试和现场试验,结果表明该方法设计的防尘网在保证变压器散热效果的基础上,有效降低了防尘网重量,安装便捷、经济实用,从而验证了该方法的有效性与可行性。

关键词:变压器;散热效果;风速衰减率;防尘网重量;格栅宽度

中图分类号:TM41

文献标志码:A

文章编号:2096-3203(2020)02-0193-07

0 引言

随着国民经济高速发展,全社会对供电可靠性需求越来越高。为了满足经济增长的需求,电力系统规模日益扩大,形成了以特高压电网为骨干网架的坚强电网^[1-4],而电力变压器作为电网中的关键设备,其工作状况直接影响着电力系统的安全稳定。由于要实现大量能量的变换与传输,电力变压器在实际运行中会产生大量热量,必须及时排出,否则会破坏绝缘,影响变压器的使用寿命。因此,对变压器散热效果的研究^[5-10]是非常必要的。

变压器冷却器的常用散热方式一般有油浸自冷、油浸风冷、强迫油循环风冷等^[11-13]。220 kV及以上电压等级大容量变压器大多采用强迫油循环风冷冷却方式,但是散热器暴露在空气中,由于风扇抽风作用,极易吸附柳絮、灰尘等,严重影响变压器的散热效果,危及电网供电安全^[14-15]。为解决上述问题,目前一般采用带电水冲洗方法清理变压器的冷却器后部杂物,但是清洗时存在触电安全风险、产生清扫死角、现场取水困难、冷却器需陪停等缺点,不利于现场工作的开展,因此相关领域技术专家一直在研究一种安全简便、易维护、易清洗、耗时短的冷却器清洗方法。

有专家提出在冷却器后部加装滤网来滤除杂物,滤网是人类日常生活中的常见物品,随着技术的发展与市场的需求,滤网在不断的改进,从早期的固定式滤网到如今的静电式滤网,已经更新了四

代。第一代固定式滤网采用四边框中间网方式,结构简单,但是滤除效果不佳;第二代磁条式滤网是利用磁条将滤网吸在框上,但不易拆卸;第三代折叠式滤网采用多片拼接折叠式结构,可随意拆卸,但滤除效果受网孔宽度限制;第四代静电式滤网通过在滤网上注入静电脉冲,增强滤除效果。尽管滤网发展已经较为成熟,但在变压器冷却器上使用甚少,文献[16]研制了一种变压器防尘网,通过在变压器的冷却器进风口处安装防尘网,可有效滤除吸入散热器的杂物,解决变压器工作时散热异常问题,但未给出防尘网格栅宽度的设计方法。

考虑到防尘网格栅宽度影响散热效果和防尘效果,文中以保证变压器散热效果为基础,基于风速衰减率和防尘网重量2个目标,设计了最优格栅宽度,并经第三方风阻率测试和现场试验验证了方法的有效性。

1 变压器防尘网格栅结构

防尘网一般是安装在变压器冷却器的进风口,用于滤除吸入冷却器里的杂物,当防尘网上杂物较多时,工程技术人员可根据实际情况随时更换,有效保证变压器散热效果。一般情况下,每个冷却器对应一个防尘网,而每个防尘网由多片拼接而成,具有安装更换方便、占地面积小的优点。采用安装防尘网方式代替传统的带电水冲洗方式,不仅能够克服带电水冲洗方式存在安全隐患、易产生清洗死角的缺点,而且能够节约大量人力、物力,经济效益显著,在变电站有着广阔的应用前景^[16]。

变压器防尘网格栅如图1所示,图中圆圈为当

收稿日期:2019-10-18;修回日期:2019-11-08

基金项目:国家自然科学基金资助项目(51577050)

个格栅结构,显然每片防尘网由纵横交错的钢丝轧成,所需钢丝的数量由防尘网格栅宽度和变压器冷却器宽度所决定。为了保证变压器的散热效果,防尘网格栅宽度的设计就变得尤为重要了。

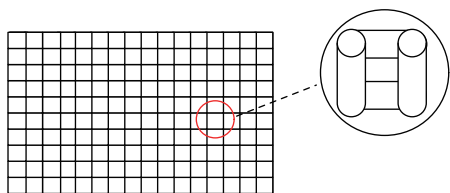


图1 变压器防尘网格栅示意

Fig.1 Grille schematic of dust filter for transformer

2 变压器防尘网格栅宽度设计

当变压器防尘网格栅宽度设计较大时,散热效果好但会降低防尘效果;当变压器防尘网格栅宽度设计较小时,防尘效果好但又会影响散热效果,因此合理设计防尘网格栅宽度显得尤为重要。实际生产中,变压器散热不畅会加快绝缘老化,降低使用寿命,威胁着电网的可靠运行,而防尘效果不佳还可以通过带电水冲洗的方法来解决,可见对变压器而言,散热效果是要优于防尘效果的。因此,文中在设计变压器防尘网格栅宽度时,是在保证散热效果的基础上,尽可能地减小格栅宽度来提高防尘效果。同时为了便于安装,对防尘网重量进行研究,基于风速衰减率和防尘网重量2个目标,设计了最优格栅宽度,在保证变压器散热效果和防尘效果的基础上,降低了防尘网重量,安装便捷、经济实用。

下面对变压器防尘网格栅宽度设计方法进行详细说明,其设计步骤流程如图2所示。

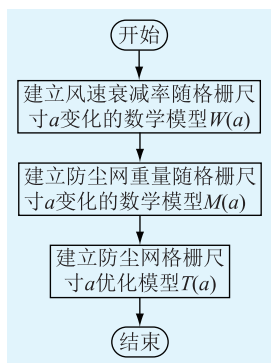


图2 变压器防尘网格栅宽度设计方法的步骤流程

Fig.2 Step flow of the design method of the dust filter mesh width of transformer

步骤一:根据流体运动学原理^[17-20],建立变压器冷却器的风速衰减率随防尘网格栅宽度 a 变化的数学模型 $W(a)$ 。

考虑到直接研究变压器散热效果较为抽象,文中通过研究风速衰减率来衡量散热效果。根据流体运动学原理,当气体流过变压器冷却器的防尘网时,一部分气体可以直接通过防尘网格栅,一部分气体折射衰减后通过防尘网格栅,还有一部分气体无法通过防尘网格栅,这样使得气体能量减小,导致风速衰减。

防尘网采用圆柱形钢丝纵横编制而成,气体通过防尘网单个格栅之前的能量 E_1 为:

$$E_1 = \frac{1}{2} (a + 2b)^2 \Delta h \rho v^2 \quad (1)$$

式中: b 为钢丝半径; ρ 为气体密度; Δh 为气体厚度; v 为气体速度。

根据防尘网格栅结构和能量守恒原则^[21-23],气体通过防尘网单个格栅之后的能量 E_2 可以表示成:

$$E_2 = E_{20} + E_{21} + E_{22} + E_{23} \quad (2)$$

式中: E_{20} 为直接通过防尘网格栅部分的能量; E_{21} 为经1次折射衰减后通过防尘网格栅部分的能量; E_{22} 为经2次折射衰减后通过防尘网格栅部分的能量; E_{23} 为经3次折射衰减后通过防尘网格栅部分的能量。

图3为直接通过变压器防尘网格栅部分的气体分布, Z_0 为该分布所对应的气体范围,则 E_{20} 为:

$$E_{20} = \frac{1}{2} a^2 \Delta h \rho v^2 \quad (3)$$

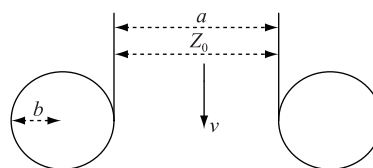


图3 直接通过变压器防尘网格栅部分的气体分布

Fig.3 Gas distribution of directly through dust filter mesh of transformer

图4为经1次折射衰减后通过变压器防尘网格栅部分的气体分布,其中 Z_1 为该分布所对应的气体范围,则 E_{21} 为:

$$E_{21} = \int_{\arcsin \frac{2b}{a+2b}}^{\pi/2} 4 \times \frac{1}{2} a \Delta h \rho (v \sin \theta)^2 b \cos \theta d\theta = \frac{2 \Delta h \rho v^2 a b}{3} \left[1 - \left(\frac{2b}{a+2b} \right)^3 \right] \quad (4)$$

图5为经2次折射衰减后通过变压器防尘网格栅部分的气体分布,其中 Z_2 为该分布所对应的气体范围,则 E_{22} 为:

$$E_{22} = \int_{\arcsin \frac{b}{a+2b}}^{\arcsin \frac{2b}{a+2b}} 2a \Delta h \rho \left[v \sin \theta \left(\frac{a+2b}{b} \sin \theta - 1 \right) \right]^2 \times b \cos \theta d\theta = 2 \Delta h \rho v^2 a b \frac{31}{30} \left(\frac{b}{a+2b} \right)^3 \quad (5)$$

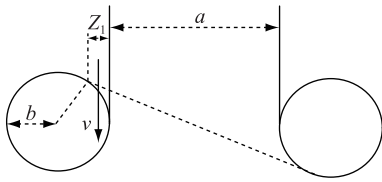


图4 经1次折射后通过变压器
防尘网格栅部分的气体分布

Fig.4 Gas distribution of passing after 1
refraction dust filter mesh of transformer

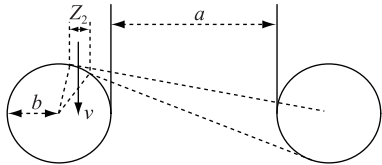


图5 经2次折射后通过变压器
防尘网格栅部分的气体分布

Fig.5 Gas distribution of passing after 2
refraction dust filter mesh of transformer

图6为经3次折射衰减后通过变压器防尘网格栅部分的气体分布,其中 Z_3 为该分布所对应的气体范围,则 E_{23} 为:

$$E_{23} = \int_{2\arctan\frac{b}{a+b}}^{\pi/2} \int_0^b 4 \times \frac{1}{2} \Delta h p b \cos \theta d\theta dt \left[v \sin \theta \sin \theta \frac{t}{b} \right]^2 = 2 \Delta h p v^2 b^2 \frac{1}{9} \left\{ 1 - \left[\frac{2b(a+b)}{(a+b)^2 + b^2} \right]^3 \right\} \quad (6)$$

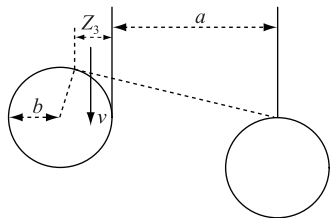


图6 经3次折射后通过变压器
防尘网格栅部分的气体分布

Fig.6 Gas distribution of passing after 3
refraction dust filter mesh of transformer

将式(3)一式(6)代入式(2)得:

$$E_2 = \frac{1}{2} \Delta h p v^2 \left\{ a^2 + \frac{4ab}{3} + \frac{4b^2}{9} - \frac{98ab}{15} \left(\frac{b}{a+2b} \right)^3 - \frac{4b^2}{9} \left[\frac{2b(a+b)}{(a+b)^2 + b^2} \right]^3 \right\} \quad (7)$$

假设气体通过防尘罩单个格栅之后的风速为 μ ,根据能量守恒原则^[18]可得:

$$E_2 = \frac{1}{2} \left[a^2 + 4ab \frac{a+b}{a+2b} + 4b^2 \times \right.$$

$$\left. \frac{a^2}{(a+b)^2 + b^2} \right] \Delta h p \mu^2 \quad (8)$$

则 $W(a)$ 可表示成:

$$W(a) = 1 - \left\{ a^2 + \frac{4ab}{3} + \frac{4b^2}{9} - \frac{98ab}{15} \left(\frac{b}{a+2b} \right)^3 - \frac{4b^2}{9} \left[\frac{2b(a+b)}{(a+b)^2 + b^2} \right]^3 \right\} / \left[a^2 + 4ab \frac{a+b}{a+2b} + 4b^2 \frac{a^2}{(a+b)^2 + b^2} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (9)$$

显然冷却器散热效果与气体能量是呈正比的,设散热效果与气体能量比值为 k ,则安装防尘网后散热效果 $H(a)$ 可以表示成:

$$H(a) = \frac{1}{2} k \left[a^2 + 4ab \frac{a+b}{a+2b} + 4b^2 \frac{a^2}{(a+b)^2 + b^2} \right] \times \Delta h p (1-u) 2v^2 \quad (10)$$

步骤二:根据防尘网材质和宽度,建立防尘网重量随格栅宽度 a 变化的数学模型 $M(a)$ 。

为了便于安装,防尘网是采用钢绞线提升到变压器冷却器顶部的,钢绞线的最大拉伸力为 F ,则基于钢绞线最大拉伸力的防尘网重量归一化模型 $M(a)$ 为:

$$M(a) = \frac{g}{F} \left[\left(\frac{L_1 - 2b}{a+2b} + 1 \right) L_2 \pi b^2 \rho_m + \left(\frac{L_2 - 2b}{a+2b} + 1 \right) L_1 \pi b^2 \rho_m \right] \quad (11)$$

式中: ρ_m 为钢丝密度; L_1 为防尘网长度; L_2 为防尘网宽度; g 为重力加速度。

步骤三:基于风速衰减率和防尘网重量2个目标,建立 a 的优化模型,进而求解得到了最优格栅宽度。

基于风速衰减率和防尘网重量2个目标,采用加权方法得到防尘网格栅宽度 a 的优化模型:

$$\begin{cases} \min T(a) = w_1 W(a) + w_2 M(a) \\ w_1 + w_2 = 1 \end{cases} \quad (12)$$

式中: w_1 为散热效果加权值; w_2 为安装难度加权值; $T(a)$ 为优化模型。

3 1 000 kV 特高压变压器防尘网格栅宽度设计方法分析

在分析 a 的优化模型 $T(a)$ 之前,需要确定 a 的取值范围和优化模型加权值 w_1, w_2 的取值^[24-25]。

防尘网格栅宽度 a 的取值范围主要通过风速衰减率数学模型 $W(a)$ 和防尘网重量数学模型 $M(a)$ 来确定。

针对风速衰减率数学模型而言,查阅变压器冷却器设计要求^[26-27],将散热效果确定为 75%~90%,根据式(10)可得对应的风速衰减率为 5.1%~13.4%,结合现场实际情况,文中设计格栅宽度时将风速衰减率确定为 5%~15%。针对防尘网重量数学模型而言,考虑到防尘网重量太重,采用钢绞线提升困难,且一旦钢绞线断裂,将会损坏变压器导油管;而防尘网太轻,又不能充分利用钢绞线。因此文中在设计格栅宽度时,充分考虑安全性和经济性,将防尘网重量确定在 0.5~0.9,则用数学表达式可以表示成:

$$\begin{cases} 0.05 \leq W(a) \leq 0.15 \\ 0.50 \leq M(a) \leq 0.90 \end{cases} \quad (13)$$

针对优化模型加权值 w_1, w_2 的取值,考虑到对变压器而言,散热效果是要优于安装难度,即风速衰减率数学模型 $W(a)$ 是要优于防尘网重量数学模型 $M(a)$,则 w_1 要大于 w_2 ,但如果 w_1 过大时,尽管防尘网对变压器散热几乎没有影响,但防尘网重量无法控制,一定程度上增加了安装难度与成本。因此文中结合现场实际情况,设 $w_1=0.7, w_2=0.3$ 。

以特高压变压器为例分析 a 的优化设计模型 $T(a)$,根据特高压变压器冷却器宽度,设防尘网长度 $L_1=1.5$ m,宽度 $L_2=4.5$ m,钢丝半径 $b=0.0003$ m,钢丝密度 $\rho_m=7.93 \times 10^3$ kg/m³,钢绞线最大拉伸力 $F=200$ N,将上述数据代入式(13)可得 a 的取值范围如图 7 和图 8 所示。

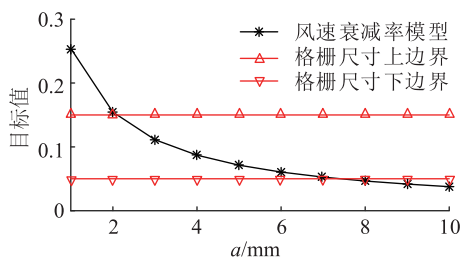


图 7 风速衰减率数学模型边界

Fig.7 Boundary of mathematical model for wind speed decay rate

根据图 7 和图 8 可得 a 的取值范围:

$$\begin{cases} 2.1 \leq a \leq 7.4 \\ 1.1 \leq a \leq 2.4 \end{cases} \quad (14)$$

可得:

$$2.1 \leq a \leq 2.4 \quad (15)$$

求解优化模型边界函数可得 a 的右边界为 2.4 mm,左边界为 2.1 mm; a 在 2.1~2.4 mm 时,优化模

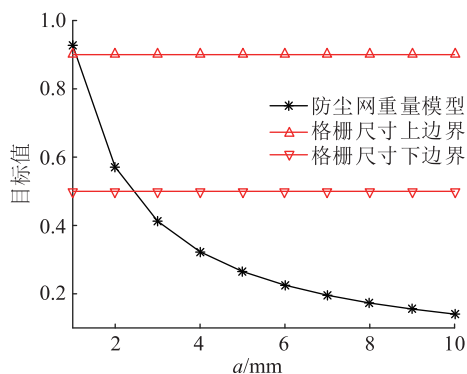


图 8 防尘网重量数学模型边界

Fig.8 Boundary of mathematical model for dust filter weight

型为减函数;当 a 为 2.4 mm 时,目标函数取得最小值,则最优 a 为 2.4 mm。

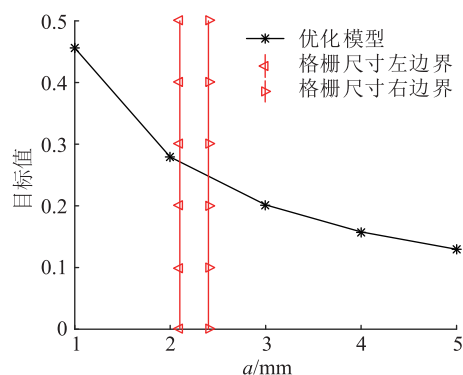


图 9 防尘网格栅宽度优化模型

Fig.9 Optimization model of mesh width for dust filter

4 现场实施效果分析

为了验证文中所提出的变压器防尘网格栅宽度设计方法的有效性,在现场安装前,经第三方风阻率试验,结果如表 1 所示。显然安装防尘网后平均风速衰减率为 9.08%,满足式(13)的边界条件要求,不会影响变压器的散热效果,从而验证了设计方法的有效性。

风速衰减率测试试验结束后,在 1 000 kV 特高压主变冷却器上安装了防尘网来验证散热效果。考虑到变压器冷却器的散热效果无法直接衡量,文中将利用变压器的油温和绕组温度来间接表示,同时考虑到变压器温度与环境温度相关性较大,因此文中主要从变压器温度与环境温度的相关性来分析防尘网安装前后对散热效果的影响。

文中将防尘网安装前数据(2017 年 8 月油温、绕温和环境温度)以及防尘网安装后数据(2018 年 8 月油温、绕温和环境温度)作为研究对象,经过相关性分析结果如表 2 所示,显然防尘网安装前,变压

表 1 风速衰减率测试结果

Table 1 Test result of wind speed decay rate

测试次数	前风速防尘网	后风速防尘网
1	5.3	4.9
2	5.1	5.0
3	5.4	4.8
4	5.6	5.2
5	5.4	5.0
6	5.7	4.9
7	5.4	5.0
8	5.3	4.8
9	5.5	4.9
10	5.8	5.0
平均风速	5.45	4.95

器温度与环境温度的相关性为 0.885 9,防尘网安装后,变压器温度与环境温度的相关性为 0.869 9,相关性有所降低,但基本相同,表明防尘网安装前后变压器温度与环境温度的相关性基本保持不变,即变压器的散热效果基本保持不变。

表 2 防尘网安装前后油温与环境温度相关性

Table 2 The correlation of oil temperature and ambient temperature before and after installing of dust filter

温度类型	安装前	安装后
油温 1	0.890 6	0.862 6
油温 2	0.887 1	0.894 5
绕温	0.880 0	0.852 7
平均值	0.885 9	0.869 9

为了便于分析,文中又绘制了变压器防尘网安装前后油温与环境温度变化关系散点图,并根据散点图拟合得到了变压器油温与环境温度的变化曲线,如图 10 和图 11 所示。

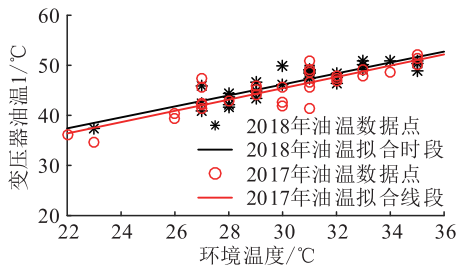


图 10 防尘网安装前后油温 1 与环境温度变化关系

Fig.10 Relationship between oil temperature 1 and ambient temperature before and after installing of dust filter

显然不管是油温 1 还是油温 2,变压器油温与环境温度的变化曲线基本是重合的,在相同环境温度下,两者最大温差为 2.6 °C,小于 5 °C,在误差允

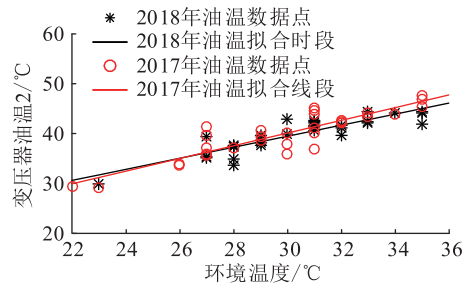


图 11 防尘网安装前后油温 2 与环境温度变化关系

Fig.11 Relationship between oil temperature 2 and ambient temperature before and after installing of dust filter

许的范围内,从而表明防尘网安装前后对变压器温度影响较小,可以正常使用。

5 结论

针对防尘网格栅影响变压器散热的问题,文中提出了一种变压器防尘网格栅宽度设计方法,有效保证了变压器的散热效果。

(1) 基于变压器防尘网格栅宽度对散热效果和防尘效果的影响,从风速衰减率和防尘网重量 2 个目标出发,提出了一种变压器防尘网格栅宽度优化设计方法。

(2) 以 1 000 kV 特高压变压器冷却器为例,对防尘网格栅宽度优化模型进行了求解,在确定防尘网格栅宽度取值范围和优化模型加权系数的基础上,计算得到了最优格栅宽度为 2.4 mm。

(3) 经第三方风阻率测试和现场试验,结果表明防尘网不仅不会影响变压器散热效果,而且安装便捷、经济实用,在变电站具有广阔的应用前景。

本文得到国网江苏省电力有限公司科技项目(J2018014)资助,谨此致谢!

参考文献:

[1] 朱鑫要,汪惟源,汪成根. 江苏特高压交直流输电交互影响研究[J]. 江苏电机工程,2016,35(2):39-42.
ZHU Xinyao, WANG Weiyuan, WANG Chenggen. Analysis of interaction between UHVAC and UHVDC for Jiangsu power grid [J]. Jiangsu Electrical Engineering, 2016, 35(2):39-42.

[2] 吴鹏,田猛,陆云才,等. 锦-苏特高压直流对江苏电网变压器直流偏磁的影响[J]. 江苏电机工程,2014,33(1):5-8.
WU Peng, TIAN Meng, LU Yuncai, et al. Impacts of Jin-Su HVDC project on transformer DC magnetic bias in Jiangsu power grid [J]. Jiangsu Electrical Engineering, 2014, 33(1):5-8.

[3] 盛方正,王文成,陈亚子. 电流互感器二次侧并联接入变压器差动保护装置的问题研究[J]. 现代电力,2011,28(4):35-39.
SHENG Fangzheng, WANG Wencheng, CHEN Yazhi. Research

- on parallel access of transformer differential protection device at the secondary side of CT[J]. Modern Electric Power, 2011, 28(4):35-39.
- [4] 刘从法, 殷飞, 周楠, 等. ± 1 100 kV 古泉换流站接地极对变压器直流偏磁的影响[J]. 电力工程技术, 2018, 37(3):145-150.
LIU Congfa, YIN Fei, ZHOU Nan, et al. Impact on DC bias magnetic of the power transformers by grounding electrode current of ± 1 100 kV Guquan converter station[J]. Jiangsu Electrical Engineering, 2018, 37(3):145-150.
- [5] 李琳, 谢裕清, 刘刚, 等. 油浸式电力变压器饼式绕组温升的影响因素分析[J]. 电力自动化设备, 2016, 36(12):83-88.
LI Lin, XIE Yuqing, LIU Gang, et al. Influencing factor analysis for disc-type winding temperature rise of oil-immersed power transformer[J]. Electric Power Automation Equipment, 2016, 36(12):83-88.
- [6] 李笑竹, 陈志军, 樊小朝, 等. 基于 ACS-SA 文化基因算法的 BP 神经网络变压器故障诊断[J]. 高压电器, 2018, 54(2):134-139.
LI Xiaozhu, CHEN Zhijun, FAN Xiaochao, et al. Fault diagnosis of transformer based on BP neural network and ACS-SA[J]. High Voltage Apparatus, 2018, 54(2):134-139.
- [7] 夏彦卫, 张建涛, 谢庆. 一种油浸式电力变压器绕组温升工程计算方法[J]. 高压电器, 2017, 53(9):176-180.
XIA Yanwei, ZHANG Jiantao, XIE Qing. Engineering calculation method for winding temperature rise of oil immersed power transformer[J]. High Voltage Apparatus, 2017, 53(9):176-180.
- [8] 刘文泽, 张俊, 邓焱. 基于深度置信网络和多维信息融合的变压器故障诊断方法[J]. 电力工程技术, 2019, 38(6):16-23.
LIU WENZE, ZHANG JUN, DENG YAN. Transformer fault diagnosis method based on deep learning and multi-dimensional information fusion[J]. Electric Power Engineering Technology, 2019, 38(6):16-23.
- [9] 黄大荣, 陈长沙, 孙国玺, 等. 电力变压器故障的客观熵权识别及诊断方法[J]. 电力系统自动化, 2017, 41(12):206-211.
HUANG DARONG, CHEN CHANGSHAO, SUN GUOXI, et al. Recognition and diagnosis method of objective entropy weight for power transformer fault[J]. Automation of Electric Power Systems, 2017, 41(12):206-211.
- [10] 孙锰. 变压器强油风冷问题与改进[J]. 变压器, 2016, 53(9):62-63.
SUN MENG. Problems and improvement of transformer strong oil air cooling[J]. Transformer, 2016, 53(9):62-63.
- [11] 沈伟, 曾德球. 主变压器辅助位冷却器控制方式分析及改进[J]. 变压器, 2018, 55(1):67-70.
SHEN WEI, ZENG DEQIU. Analysis and improvement of control mode of main transformer auxiliary cooler[J]. Transformer, 2018, 55(1):67-70.
- [12] 刘博, 侯纪勇, 阎国增. 适用于特高压主变压器现场安装的充气柱式保温房设计与实施[J]. 浙江电力, 2018, 37(10):44-48.
LIU BO, HOU JIYONG, YAN GUOZENG. Design and implementation of inflatable column-type thermal insulation room for site installation of UHV main transformer[J]. Zhejiang Electric Power, 2018, 37(10):44-48.
- [13] 杨丽徒, 曾新梅, 刘蓉. 变电站电气一次设备智能化问题的研究综述[J]. 高压电器, 2012, 48(9):99-103.
YANG LIXI, ZENG XINMEI, LIU RONG. Review of electric equipment intelligentization in substation[J]. High Voltage Apparatus, 2012, 48(9):99-103.
- [14] 黄江宁, 吴靖, 黄旭亮, 等. 基于 PID 控制技术的变压器冷却装置智能喷淋系统的研究及应用[J]. 浙江电力, 2018, 37(9):31-35.
HUANG JIANGNING, WU JING, HUANG XULIANG, et al. Research and application of intelligent spray system for transformer cooling based on PID controller[J]. Zhejiang Electric Power, 2018, 37(9):31-35.
- [15] 郑志曜, 李志, 劳增江, 等. 一种配电变压器温升自动测量系统的研制[J]. 浙江电力, 2018, 37(2):16-21.
ZHENG ZHIYAO, LI ZHI, LAO ZENGJIANG, et al. Development of an automatic measurement system for temperature rise test for distribution transformers[J]. Zhejiang Electric Power, 2018, 37(2):16-21.
- [16] 张兆君, 汤晓铮, 喻春雷, 等. 一种散热器防尘网罩[P]. 中国专利, 201720740254.6, 2018-02-16.
ZHANG ZHAOJUN, TANG XIAOZHENG, YU CHUNLEI, et al. A radiator dust screen cover[P]. Chinese Patent, 201720740254.6, 2018-02-16.
- [17] 蔡振宇, 李明军. KT 格式数值求解几类典型流体力学问题[J]. 湘潭大学自然科学学报, 2018, 40(1):11-14.
CAI ZHENYU, LI MINGJUN. KT scheme for several typical models in fluid mechanics[J]. Natural Science Journal of Xiangtan University, 2018, 40(1):11-14.
- [18] 谭风雷, 朱超, 吴兴泉. 基于 OCC 的四桥臂 APF 在配电网中的应用研究[J]. 电力工程技术, 2018, 37(1):141-146.
TAN FENGLI, ZHU CHAO, WU XINGQUAN. Research on four-leg APF applying in distribution network based on OCC[J]. Electric Power Engineering Technology, 2018, 37(1):141-146.
- [19] 谭风雷, 杭峰, 李义峰. 基于 CPS-SVPWM 调制的 MMC-STATCOM 简化算法研究[J]. 华北电力大学学报, 2017, 44(6):47-53.
TAN FENGLI, HANG FENG, LI YIFENG. Research of MMC-STATCOM simplified algorithm based on CPS-SVPWM modulation[J]. Journal of North China Electric Power University, 2017, 44(6):47-53.
- [20] 连建阳, 邱德锋, 姜田贵, 等. MMC 拓扑无变压器并网存在的问题和解决措施[J]. 浙江电力, 2019, 38(1):53-57.
LIAN JIANYANG, QIU DEFENG, JIANG TIANGUI, et al. Existing problems and solutions to MMC topology without grid integration of transformer[J]. Zhejiang Electric Power, 2019, 38(1):53-57.
- [21] 江荧. 自扇冷式电机冷却系统的数值模拟分析及风扇设计

- [J]. 机械设计与研究,2014,30(1):115-119.
- JIANG Ying. Numerical simulation analysis on built-in cooling fan motor cooling system and design of fan [J]. Machine Design & Research,2014,30(1):115-119.
- [22] 田涛,张兆君,朱超,等. 高压断路器储能弹簧的可靠性及寿命分析[J]. 电力工程技术,2017,36(5):103-108.
- TIAN Tao,ZHANG Zhaogjun,ZHU Chao,et al. Reliability and life analysis of energy-storing spring for high voltage circuit breaker[J]. Electric Power Engineering Technology,2017,36(5):103-108.
- [23] 戴锋,孙勇军,田涛,等. 基于NESSUS的SF6断路器拐臂可靠性分析[J]. 机械制造与自动化,2017,46(1):215-219.
- DAI Feng,SUN Yongjun,TIAN Tao,et al. Reliability analysis of SF6 circuit breaker crank arm based on NESSUS[J]. Machine Building & Automation,2017,46(1):215-219.
- [24] 谭风雷,陈梦涛,汪龙龙. 基于积温效应和优化支持向量机的短期电力负荷预测[J]. 电力需求侧管理,2018,20(5):33-36.
- TAN Fenglei,CHEN Mengtao,WANG Longlong. Short-term electric power load forecasting based on accumulated temperature effect and optimized support vector machine [J]. Power Demand Side Management,2018,20(5):33-36.
- [25] 陈昊,万秋兰,王玉荣. 基于厚尾均值广义自回归条件异方差族模型的短期风电功率预测[J]. 电工技术学报,2016,31(5):91-98.
- CHEN Hao,WAN Qiulan,WANG Yurong. Short-term wind power forecast based on fat-tailed generalized autoregressive conditional heteroscedasticity-in-mean type models [J]. Transactions of China Electrotechnical Society,2016,31(5):91-98.
- [26] 王有元,陈璧君. 基于层次分析结构的变压器健康状态与综合寿命评估模型[J]. 电网技术,2014,38(10):2845-2850.
- WANG Youyuan,CHEN Bijun. An integrated life estimation model of power transformer based on hierarchical architecture and health index [J]. Power System Technology,2014,38(10):2845-2850.
- [27] 武利会,黄辉,范心明,等. 交直流混联配电网换流变压器零序保护优化配置[J]. 供用电,2019,36(10):41-46,79.
- WU Lihui,HUANG Hui,FAN Xinming,et al. Optimal configuration of zero-sequence protection for converter transformer in AC/DC hybrid distribution network[J]. Distribution & Utilization,2019,36(10):41-46,79.

作者简介:



谭风雷

谭风雷(1989),男,硕士,工程师,从事电力电子技术在电力系统中的应用相关工作(E-mail:220122094@seu.edu.cn);

陈昊(1980),男,博士,研究员级高级工程师,从事电力系统保护与控制相关工作;

马宏忠(1962),男,博士,教授,研究方向为电力设备状态监测与故障诊断、电能质量监控、电机运行与控制。

Design of dust filter mesh for transformer

TAN Fenglei¹, CHEN Hao¹, MA Hongzhong², XU Gang¹, ZHANG Peng¹

(1. State Grid Jiangsu Electric Power Co.,Ltd. Maintenance Branch Company,Nanjing 210002,China;

2. College of Energy and Electrical Engineering,Hohai University,Nanjing 211100,China)

Abstract: In view of the unreasonable design of the dust filter mesh affecting the cooling effect of the transformer, a method for designing dust filter mesh width of transformer is proposed, which aims to reduce wind speed decay rate and dust filter weight, then establishes an optimal model on the basis of ensuring cooling effect of transformer, therefore the optimal value of mesh width for dust filter can be obtained. Based on the study of the structure of dust filter, the specific steps of the above method are displayed, and the optimal value of mesh width for dust filter is calculated for taking the cooler of 1 000 kV UHV transformer as an example. Finally, the wind speed decay rate test and field test verification have been done, which show that dust filter mesh width of transformer designed by this method can reduce the weight of dust filter, and be economical and practical on the basis of ensuring cooling effect of transformer, it verifies its validity and feasibility.

Keywords: transformer; cooling effect; wind speed decay rate; dust filter weight; mesh width

(编辑 钱悦)