



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104462768 A

(43) 申请公布日 2015. 03. 25

(21) 申请号 201410620535. 9

(22) 申请日 2014. 11. 06

(71) 申请人 上海电气电站设备有限公司

地址 200240 上海市闵行区莘庄工业区金都
路 3669 号 3 幢

(72) 发明人 张小虎 戚哲龙 胡磊 梁旭彪
刘明慧 崔阳阳

(74) 专利代理机构 上海申汇专利代理有限公司
31001

代理人 翁若莹

(51) Int. Cl.

G06F 19/00(2011. 01)

H02K 9/06(2006. 01)

权利要求书1页 说明书4页

(54) 发明名称

一种大型汽轮发电机轴流风扇的效率和功耗
确定方法

(57) 摘要

本发明公开了一种大型汽轮发电机轴流风扇的效率和功耗确定方法。采用本发明后只要测量出风扇的进、出口压力,以及进、出口温度,而无需知道风扇的功耗,即可推算出风扇的效率,进而可以根据测试得到的风扇进、出口压差以及流量,然后可进一步得到风扇的功耗。本发明采用热力学法确定大型汽轮发电机风扇效率和功耗,克服了目前汽轮发电机行业中由于风扇功耗现场较难测试,进而无法准确确定风扇效率的局面,具有一定的工程应用价值。

1. 一种大型汽轮发电机轴流风扇的效率和功耗确定方法,其特征在于,包括以下步骤:

第一步、测量得到轴流风扇的进口静压 P_1 、进口温度 T_1 、出口静压 P_2 、出口温度 T_2 ;

第二步、计算轴流风扇的效率 η , $\eta = \frac{(T_{2s} - T_1)}{(T_2 - T_1)(1 + a + b + c)}$, 式中: a 、 b 、 c 分别为考虑轴承轴封摩擦损失、泄漏损失、风扇外壳散热损失的修正系数, T_{2s} 为等熵出口温度,

$$T_{2s} - T_1 = \frac{k \cdot P_1 \cdot v_1 \cdot \left[1 - \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{k-1}{k}} \right]}{C_p(1-k)},$$

式中: k 为气体绝热常数, C_p 为空气的定压比热, v_1 为轴流

风扇入口处气体在压力 P_1 、温度 T_1 状态下的比容;

第三步、计算轴流风扇的功耗 P_z , $P_z = \frac{\Delta P \cdot Q}{1000\eta}$, 式中: ΔP 为轴流风扇静压升, Q 为轴流风扇的流量。

一种大型汽轮发电机轴流风扇的效率和功耗确定方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种对大型汽轮发电机轴流风扇效率及功耗的确定方法,适用于大型汽轮发电机,属于发电机总体设计内的通风冷却技术领域。

背景技术

[0002] 当前,大型汽轮发电机的设计及运行效率较高,通常为 99%左右,约 1%的发电机损耗,通常包含定转子绕组的铜耗、定子铁耗、机械损耗以及附加损耗等。其中,风扇损耗是机械损耗的重要组成部分,对其效率及功耗进行准确计算,具有十分重要的工程意义。

[0003] 风扇的功耗可通过式 (1) 计算得到:

$$[0004] \quad P_z = \frac{\Delta P \cdot Q}{1000\eta} \quad (1)$$

[0005] 式中: P_z 表示风扇功耗(KW), Δp 表示风扇静压升(Pa), Q 表示风扇流量(m^3/s), η 表示风扇效率。

[0006] 对式(1)稍加变形,即可得到风扇效率的定义式。一般而言,在叶轮机械领域,风扇效率往往是研究者感兴趣的重要性能参数之一,在进行试验测试时, P_z 、 ΔP 、 Q 三者为可测量,从而根据式(1)确定风扇在不同工况下的效率。

[0007] 但在汽轮发电机领域,由于在其设计制造过程中,风扇往往直接热套在发电机转子上,而发电机运行或厂内试验时,由汽轮机或大功率拖动电机驱动,风扇随转子一同转动。因此,较难精确地把风扇的功耗从拖动电机功率中分离出来。换句话说,由于此时 P_z 、 η 二者均为未知量,因此无法用式(1)来确定风扇的效率。

[0008] 这就意味着必须寻求另外一种方法来求取风扇的效率,进而可通过式(1)来确定发电机风扇的功耗。

发明内容

[0009] 本发明要解决的技术问题是在汽轮发电机领域确定发电机风扇的功耗

[0010] 为了解决上述技术问题,本发明的技术方案是提供了一种大型汽轮发电机轴流风扇的效率和功耗确定方法,其特征在于,包括以下步骤:

[0011] 第一步、测量得到轴流风扇的进口静压 P_1 、进口温度 T_1 、出口静压 P_2 、出口温度 T_2 ;

[0012] 第二步、计算轴流风扇的效率 η , $\eta = \frac{(T_{2s} - T_1)}{(T_2 - T_1)(1 + a + b + c)}$,式中: a 、 b 、 c 分别为考虑轴承轴封摩擦损失、泄漏损失、风扇外壳散热损失的修正系数, T_{2s} 为等熵出口温度,

$$T_{2s} - T_1 = \frac{k \cdot P_1 \cdot v_1 \cdot \left[1 - \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{k-1}{k}} \right]}{C_p(1-k)}, \quad \text{式中: } k \text{ 为气体绝热常数, } C_p \text{ 为空气的定压比热, } v_1 \text{ 为轴流}$$

风扇入口处气体在压力 P_1 、温度 T_1 状态下的比容；

[0013] 第三步、计算轴流风扇的功耗 P_z , $P_z = \frac{\Delta P \cdot Q}{1000\eta}$, 式中： ΔP 为轴流风扇静压升, Q 为

轴流风扇的流量。

[0014] 采用本发明后只要测量出风扇的进、出口压力, 以及进、出口温度, 而无需知道风扇的功耗, 即可推算出风扇的效率, 进而可以根据测试得到的风扇进、出口压差以及流量, 然后可进一步得到风扇的功耗。

[0015] 本发明采用热力学法确定大型汽轮发电机风扇效率和功耗, 克服了目前汽轮发电机行业中由于风扇功耗现场较难测试, 进而无法准确确定风扇效率的局面, 具有一定的工程应用价值。

具体实施方式

[0016] 本发明采用热力学方法确定汽轮发电机风扇效率及功耗, 其技术原理如下：

[0017] 热力学法主要是测量以进出口压力、温度等较为方便测量的物理量来替代轴功率、流量等不易测量的物理量, 进而计算得到流体机械效率的方法。热力学法较早成功运用于泵效率的测量, 近年来该方法亦用于电站锅炉风机等效率测量, 获得了满足工程精度要求的结果, 为提高风机运行的经济性和可靠性提供依据, 但未见在汽轮发电机行业有应用的文献报道。

[0018] 根据热力学原理, 理想气体在风扇叶片流道内的流动为等熵压缩过程, 实际上, 由于气体黏性和可压缩性的存在, 叶片流道内的流动是不可逆压缩过程, 这些流动损失转化为热能, 且绝大部分为气体所吸收带走, 因此, 其温度要高于等熵压缩过程的出口温度。这样, 只需要测量风扇进出口温度和压差就可以计算求得风扇效率。

[0019] 从热力学原理推导风扇效率的一般表达式为：

$$[0020] \quad \eta = \frac{(h_{2s} - h_1) + 0.5(c_2^2 - c_1^2) + g(z_2 - z_1)}{(h_2 - h_1) + 0.5(c_2^2 - c_1^2) + g(z_2 - z_1) + E_x} \quad (2)$$

[0021] 式中： $(h_{2s} - h_1)$ 为等熵压缩过程的焓升, $(h_2 - h_1)$ 为实际过程的焓升, h_1 、 h_2 分别为气体在轴流风扇进、出口处的焓, h_{2s} 为按等熵压缩过程达到实际轴流风扇出口静压 P_2 时的焓, c_1 、 c_2 分别为气体在轴流风扇进、出口处的平均速度, z_1 、 z_2 分别为轴流风扇进、出口处的高度, g 为重力加速度, E_x 为轴流风扇轴提供的能量中, 未被气体带走的外部损失, 包括轴承轴封摩擦损失、泄漏损失、以及风扇外壳散热损失。

[0022] 对于一般汽轮发电机而言, 其多级轴流风扇进出口处于同一高度, 轴流风扇进出风面积基本不变, 由于气体流经风扇的温差很小, 可以认为此过程的定压比热为常数; 同时, 将气体按理想气体处理, 因此, 焓为温度的单值函数, 损耗 E_x 按线性回归, 认为是温差的一次函数, 式 (2) 可简化为：

$$[0023] \quad \eta = \frac{(T_{2s} - T_1)}{(T_2 - T_1)(1 + a + b + c)} \quad (3)$$

[0024] 式中： T_{2s} 为等熵出口温度, T_1 、 T_2 分别为轴流风扇的进、出口温度, a 、 b 、 c 分别为考虑轴承轴封摩擦损失、泄漏损失、风扇外壳散热损失的修正系数。对于大型汽轮发电机, 一

一般来说轴流式风扇可忽略轴承轴封摩擦损失、泄漏损失,由于风扇进出口温度同环境温度相差很小,也忽略外壳散热因素。

[0025] 根据热力学原理,理想气体等熵压缩温升为:

$$[0026] \quad T_{2s} - T_1 = \frac{k \cdot P_1 \cdot v_1 \cdot \left[1 - \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{k-1}{k}} \right]}{C_p (1-k)} \quad (4)$$

[0027] 式中:k为气体绝热常数, C_p 为定压比热, v_1 为轴流风扇入口处气体在压力 P_1 、温度 T_1 状态下的比容。

[0028] 因此,只要测量出轴流风扇的进、出口压力,以及进、出口温度,而无需知道风扇的功耗,即可按照式(3)、(4)推算出风扇的效率,进而可以根据测试得到的风扇进、出口压差以及流量,然后据式(1)即可进一步得到风扇的功耗。

[0029] 在空气状态下,按空转工况对某1100MW半速水氢汽轮机进行通风试验(额定转速为1500rpm)。采用多点毕托管装置,将其安装在风扇入口处,以测量风扇流量及进口压力,同时在风扇出口处测量风扇的出口压力,以及风扇进、出口空气温度。

[0030] 为了确保测试数据的可靠性,试验分别在2种不同转速下进行(即500rpm、600rpm两种转速),每种转速均稳定运行半小时后,测量并记录试验数据。

[0031] 空转条件下,分别对发电机转速500/600rpm时的风扇进出口压力、温度进行测量,并采用公式(3)、(4)进行计算,计算结果如表1所示。

[0032] 表1 通风试验测试数据及结果

[0033]

发电机转速 (rpm)	500	600
风扇进口静压 (Pa)	98097	96756
风扇出口静压 (Pa)	101665	101770
风扇入口温度 (°C)	36	37.8
风扇出口温度 (°C)	40.2	43.7
环境温度 (°C)	33.5	33.5
实际温升 (°C)	4.2	5.9
等熵压缩温升 (°C)	3.1	4.3
热力学方法推算风扇效率 (%)	72.65	72.89
风扇功耗 (KW)	73	122
等效为额定转速、空气状态下对应的风扇功耗 (KW)	1971	1906
等效为额定工况**下对应的风扇功耗 (KW)	976	944

[0034] 注:** 发电机额定工况:转速 1500rpm,冷却工质为 98%的氢气和 2%的空气混合物,表压 0.52MPa。