

某变电站控制室自然冷源改造节能量验证

变电站控制室由于存在大量二次设备,发热量大,全年制冷需求时间长,一般采用分体空调器供冷,空调系统用电占变电站自用电比例较高,减少空调系统电耗是降低变电站自用电的关键。为了降低空调系统能耗,对变电站低压设备控制室进行了新风自然冷源改造。选择过渡季节中空调器关闭而新风冷源开启的一天作为系统电耗测试日,实测出新风自然冷源耗电量,模拟计算出空调器耗电量,通过比较得出系统改造的节能量。

郭艳飞 苗常海 成 岭/中国电力科学研究院

0 引言

变电站控制室由于存在大量二次设备,发热量大,全年制冷需求时间长,一般采用分体空调器供冷,控制室温度控制要求高。而春季、秋季和冬季大部分时间,我国大部分地区室外环境温度都低于 $24\text{ }^{\circ}\text{C}$,这就存在利用室外自然冷源进行节能的基础和可能^[1]。自然冷源节能技术原理就是利用室外的自然环境冷源,当室外空气温度低于室内温度一定程度时,通过相应的技术手段将室外冷源引入机房内,把机房的热量带走,达到降低机房温度的目的,从而减少空调器的使用时间,达到节约电能的目的。直接引入式新风系统是利用室外冷源的方式之一,其原理是直接将室外新风送入机房内,当室外空气温度较低时,可以直接将室外低温空气送至室内,为室内降温。当室外温度高,不足以带走室内热量时,则仍然开启空调器工作。

处于辽宁地区的某变电站,虽然在

过渡季节室外温度较低,但是由于控制室内发热量高,改造前仍需空调器开启供冷。进行自然冷源系统改造后,在过渡季节室外温湿度均较低的情况下,只需开启自然冷源系统即可满足室内冷量需求。为验证过渡季节采用室外空气的自然冷源改造节能量,需要分别获得使用自然冷源与使用空调器制冷的能耗,但是应用自然冷源供冷时,空调器实际并未运行。所以首先实测得出采用自然冷源的耗电量,然后通过模拟计算出相同负荷下空调器耗电量,从而求得节能量。

1 项目节能量计算边界

在节能量计算过程中,项目边界为实施节能措施所影响的用能单位、设备和系统的范围以及地理位置界线^[2],本项目节能量计算边界包括制冷系统范围内所有用电设备,项目边界如下图所示。

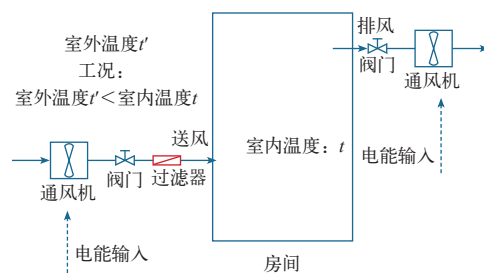


图 项目边界示意图

2 项目基期及统计报告期

基期是用以比较和确定项目节能量的,节能措施实施前的时间段;报告期是用以比较和确定项目节能量的,节能措施实施后的时间段。基期和统计报告期应包括用能单位、设备和系统可能出



郭艳飞/工程师

关键词/Keywords

新风·
自然冷源·
空调器·
过渡季节·
节能量·

国网公司科技项目:智能变电站能效评测与能效提升关键技术研究 with 试点工程建设。

现的各种典型工况^[2]。根据系统实际运行情况，本项目选择的报告期为24 h，即计算项目24 h的节能量，在报告期，开启自然冷源系统，并测试记录系统电耗数据。

3 节能量验证方法

节能量验证方法选择直接比较法^[2]。项目节能量为利用自然冷源时的能耗与利用空调器时的能耗，节能量 ΔE 计算公式为

$$\Delta E = E_f - E_k \quad (1)$$

式中， ΔE 为项目节能量； E_f 为利用室外新风的自然冷源能耗，kW·h； E_k 为空调器能耗，kW·h。

3.1 E_f 值确定

在统计报告期内，节能措施开启时，测量各典型工况下项目边界内的实际能源消耗量^[6]，本项目统计报告期能耗24 h的实测值为31 kW·h。

3.2 E_k 值计算

在统计报告期，房间冷量由自然冷源供给，原有空调器并不运行，所以为计算自然冷源供冷相比原有空调器供冷的节能量，需模拟计算采用空调器供冷的能耗，也即空调器的理论耗电量。首先通过模拟计算求出相同房间冷负荷下空调器的运行功率，然后确定空调器的理论运行时间，即可求得空调器理论耗电量。

(1) 空调器理论功率 p_x

要模拟确定空调器运行功率，需要知道空调器运行功率与室外温度的关系，假定空调器制冷量、耗电功率随室外干球温度变化呈线性变化，通过确定空调器名义工况与低温制冷工况两个运行状态点的空调器参数值，应用两点的值模拟出在室外干球温度24~35℃范围内，空调器制冷量、空调器耗电功率随室外干球温度变化的函数关系。

所述名义工况对应空调器额定制冷量的工况，室外空气干球温度35℃，室外空气湿球温度24℃；名义工况下空调器额定制冷量和额定功率为从空调器使用说明书上查得已知值。

所述低温工况即在室外空气干球温度为29℃，

室外空气湿球温度19℃条件下的工况。

根据GB/T 7725—2004《房间空气调节器》，房间冷负荷 L_d 、低温工况下空调器制冷量 $q_{d(29)}$ 及耗电功率 p_d 的计算方法如下。

低温制冷工况下房间冷负荷 L_d 计算公式为

$$L_d = q_e \frac{t_g - 23}{35 - 23} \quad (2)$$

式中， q_e 为空调器额定制冷量，W； t_g 为室外空气干球温度，℃。

空调器制冷量 $q_{d(29)}$ 计算公式为

$$q_{d(29)} = 1.077 q_e \quad (3)$$

式中， $q_{d(29)}$ 为低温工况下空调器制冷量，W。

空调器耗电功率 p_d 计算公式为

$$p_d = 0.914 p_e \quad (4)$$

式中， p_d 为低温工况下，空调器耗电功率，W； p_e 为空调器名义工况下耗电功率，W。

通过两点式直线方程计算得到空调器制冷量 q_x 为

$$q_x = -0.013 q_e t_{g,x} + 1.45 q_e \quad (5)$$

式中， $t_{g,x}$ 为室外干球温度，℃； q_x 为对应室外干球温度 $t_{g,x}$ 的空调器制冷量，W。

房间冷负荷 L_x 计算公式为

$$L_x = 0.083 q_e t_{g,x} - 1.92 q_e \quad (6)$$

式中， L_x 为对应室外干球温度 $t_{g,x}$ 的房间冷负荷，W。

空调器功率 p_x 计算公式为

$$p_x = 0.014 p_e t_{g,x} + 0.5 p_e \quad (7)$$

式中， p_x 为对应室外干球温度 $t_{g,x}$ 的空调器功率，W。

(2) 空调器的理论运行时间 T'

空调器的理论运行时间应该是对应冷负荷 L_x 下，如果使用空调器制冷的空调器运行时间。在计算节能量时，作如下假设：因为控制室内发热源多，发热量大，所以在过渡季节的冷负荷需求为设计冷负荷。在对应室外干球温度 $t_{g,x}$ 下，为保持房间温度空调器的理论运行时间 T' ，计算公式为

$$T' = \frac{L_x T}{q_x} \quad (8)$$

式中， T 为自然冷源运行时间（即节电量测试时间段），h。

(下转第71页)

- 恒频风力发电系统控制研究 [J]. 中国电机工程学报, 2006, 26 (23): 109-114.
- [4] 李建林, 朱颖, 胡书举, 等. 风力发电系统中大功率变流器的应用 [J]. 高电压技术, 2009, 35 (1): 169-175.
- [5] Shi L, Chen N, Lu Q. Dynamic characteristic analysis of doubly-fed induction generator low voltage ride-through [J]. Energy Procedia, 2012 (16): 1526-1534.
- [6] 徐殿国, 王伟, 陈宁. 基于撬棒保护的双馈电机风电场低电压穿越动态特性分析 [J]. 中国电机工程学报, 2010, 30 (22): 29-36.
- [7] 朱晓东, 石磊, 陈宁, 等. 考虑Crowbar阻值和退出时间的双馈风电机组低电压穿越 [J]. 电力系统自动化, 2010, 34 (18): 84-89.
- [8] 毕天姝, 刘素梅, 薛安成, 等. 具有低电压穿越能力的双馈风电机组故障暂态特性分析 [J]. 电力系统保护与控制, 2013, 41 (2): 26-31.
- [9] 贺敬, 李庆, 秦世耀, 等. 双馈风电机组叶片变化对低电压穿越性能的影响研究 [J]. 可再生能源, 2014, 32 (12): 1828-1836.
- [10] 李辉, 叶仁杰, 韩力, 等. 电网电压跌落下双馈风力发电机组暂态性能的比较分析 [J]. 太阳能学报, 2010, 31 (6): 775-781.
- [11] 迟永宁, 王伟胜, 戴慧珠. 改善基于双馈感应发电机的并网风电场暂态电压稳定性研究 [J]. 中国电机工程学报, 2007, 27 (25): 25-31.
- [12] 吕志强, 许国东. 兆瓦级双馈风电机组电网故障时的暂态分析 [J]. 电力系统保护与控制, 2010, 38 (23): 112-116.
- [13] 孔宪国, 刘宗歧. 基于主动式Crowbar的双馈风电机组LVRT性能优化分析 [J]. 现代电力, 2012, 29 (1): 77-81.

(收稿日期: 2016-01-15) EA

(上接第36页)

假设在房间冷负荷 L_x 下, 空调器以 q_x 的制冷能力运行; 计算日室内外温度保持恒定。

(3) 空调器的理论耗电量 E_k

空调器的理论耗电量 E_k 计算公式为

$$E_k = p_x T' \\ = (0.014 p_e t_{g,x} + 0.5 p_e) \frac{7300}{-0.013 q_e t_{g,x} + 1.45 q_e} T / 1000 \quad (9)$$

已知, 空调器额定制冷量 $q_x = 7300$ W, 额定电功率 $p_e = 2370$ W, 自然冷源运行时间为24 h。将数据带入式 (9) 可得空调器理论耗电量 $E_k = 42$ kW·h。

3.3 节能量计算

自然冷源代替空调器的节电量 ΔE 计算公式为

$$\Delta E = E_f - E_k = 31 \text{ kW} \cdot \text{h} - 42 \text{ kW} \cdot \text{h} = -11 \text{ kW} \cdot \text{h}$$

根据电力当量值 $0.1229 \text{ kgce}/(\text{kW} \cdot \text{h})^{[3]}$, 节电量折合吨标煤 1.35 kgce 。

4 结束语

节能量计算的关键在于准确地确定采用节能措施前后的能耗, 但是项目采用节能措施后,

无法复现未改造前项目运行状态, 而在项目改造前的能耗数据没有实测值的情况下, 改造前能耗只能通过模拟计算得到。本文首先通过模拟计算出一定室内冷负荷条件下, 空调器的理论运行功率, 其次考虑室外温度变化情况下空调器制冷能力的变化, 计算出空调器的理论运行时间, 从而求得空调器理论耗电量, 将其与实测自然冷源耗电量比较得到节能量, 该方法对于此类项目节能量计算具有一定的指导意义。

参考文献

- [1] 严瀚. 数据中心预冷节能方案研究 [J]. 暖通空调, 2015, 45 (5): 50-55.
- [2] 中国国家标准化管理委员会. GB/T 28750—2012 节能量测量和验证技术通则 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2013.
- [3] 中国国家标准化管理委员会. GB/T 2589—2008 综合能耗计算通则 [S]. 北京: 中国标准化出版社, 2008.

(收稿日期: 2015-08-10) EA