

考虑平抑风电波动的空调冷水机组群控策略

杨瑾¹, 石坤², 杨建林³, 高赐威¹

(1. 东南大学电气工程学院, 江苏南京 210096; 2. 中国电力科学研究院, 北京 100192;

3. 国网上海市电力公司经济技术研究院, 上海 200120)

摘要:中央空调冷水机组的群控方式使空调系统具有一定的负荷调节能力, 可以考虑与波动的水电机组出力相组合从而平抑风电波动性并确定可平抑风电机组的容量。为此, 首先根据各台冷水机组的负荷效率特性建立模型, 然后确定风电机组波动功率平抑量变化范围的计算方法, 并在保证空调整冷/制热效果的前提下建立可平抑风电机组容量与冷水机组负荷分配的最优匹配模型, 实现对风电功率接入电网波动性的缓冲。

关键词:冷水机组群控; 负荷效率特性; 风电波动功率平抑; 最优匹配模型; 空调

中图分类号: TM 761; TM 614

文献标识码: A

DOI: 10.16081/j.issn.1006-6047.2018.07.014

0 引言

当前, 发展可再生能源、提高能源利用效率已经成为能源领域的共识, 而随着以风电、太阳能发电为代表的间歇性新能源大规模接入电网, 电力潮流不确定性将大幅增加, 对电力系统的调峰能力提出了更高的要求。另一方面, 就长期而言, 我国电力供需处于阶段性、局部性的紧张状态^[1-2], 亟需通过需求响应等技术来缓解紧张态势, 增强系统应对潮流波动的能力, 提高系统运行效率。

空调负荷具有响应速度快^[3]、潜力大^[4]的特点, 成为智能电网下重要的需求响应资源。以中央空调为例, 在夏季高峰时段负荷比重高达 30% ~ 50%^[5], 其中冷水机组能耗占据了中央空调能耗的重头, 达到 50% ~ 60%^[6]。对于含有多台冷水机组的中央空调系统而言, 通过对冷水机组实施群控策略, 优化冷水机组的运行, 可以达到削减空调负荷和节约能源的目的^[7-9]。因此, 实现对冷水机组的合理群控对中央空调系统响应电网侧调度、参与电力需求响应具有重要的意义。

国内外学者在中央空调系统冷水机组控制方式方面进行了大量的研究。文献[10]针对中央空调制冷系统进行了需求分析, 根据冷水机组的控制要求和集散控制系统特点, 提出了基于 ABB AC700F Industrial IT 分散控制系统的中央空调冷水机组控

制系统设计; 文献[11]利用 Trnsys 建立了建筑物及中央空调系统的能耗模型, 并以负荷率最优为目标对冷水机组实施群控优化策略; 文献[12]在满足空调末端冷需求的前提下建立了空调负荷和冷水机组负荷的最优匹配模型, 以冷水机组总能效最高为目标对其进行群控。

在多台冷水机组联合运行的系统中, 大多对额定制冷量相同的机组采用制冷量平均分配法, 对额定制冷量不同的机组采用制冷量按容量分配法, 这种控制方法逐渐被冷水机组负荷优化分配策略所取代, 即在获取空调整冷量与功率关系的基础上, 以冷水机组总能耗最小为目标, 求解得到每台冷水机组所承担的冷量。本文根据各台冷水机组的负荷效率特性, 确定各机组相应的负荷分配量, 使得在维持特定范围内的机组总能耗削减量及空调机组制冷/制热效果的前提下, 假定风电机组输出功率形状已知(容量未知), 最大化可平抑风电机组的容量。最后将风电机组容量与冷水机组负荷分配的匹配模型运用到平抑风电波动功率的具体应用场景中, 验证所提模型的可行性。

1 冷水机组的负荷效率模型

空调系统冷水机组的运行效率与其性能有关, 其中制冷性能系数 COP (Coefficient Of Performance) 作为评价冷水机组性能的常用参数, 指的是冷水机组制冷量与功率的比值, 反映其能源利用效率。冷水机组的性能, 尤其是能效比 COP 与诸多因素有关, 如运行工况以及部分负荷率 PLR (Part Load Rate)。其中运行工况是指使用侧的冷冻水温度/流量以及放热侧的冷却水温度/流量, 反映外部因素对性能的影响。PLR 反映内部因素的影响, 指的是机组的实际制冷量与额定制冷量的比值^[12], 记作:

$$PLR_i = \frac{Q_i}{Q_{iN}} \quad (1)$$

收稿日期: 2017-06-21; 修回日期: 2018-05-14

基金项目: 国家高技术研究发展计划(863计划)资助项目(2015AA050401); 国家自然科学基金资助项目(51577029); 国家电网公司总部科技项目(面向电力市场化的需求响应机制及实现技术研究)

Project supported by the National High Technology Research and Development Program of China (863 Program) (2015AA050-401), the National Natural Science Foundation of China (51577029) and the Science and Technology Project of SGCC (Research on Demand Response Mechanism and Realization Technology of Electricity Market)

其中, Q_{in} 为第 i 台机组的额定制冷量; Q_i 为第 i 台机组的实际制冷量, 与冷冻水进出水温差及质量流量有关。

据统计, 冷水机组满负荷运行的时间不足总运行时间的 3%。在大部分时间内, 冷水机组的实际运行状态是处于部分负荷下的, 因此冷水机组的 PLR 对冷水机组性能的影响很大。当冷冻水进出水温差变化时, PLR 的变化会引起冷水机组能效比 COP 的变化, 因此工程上通常使用冷水机组 COP 与 PLR 的函数关系来建立其负荷效率模型, 以此表征 PLR 对空调系统效率的影响。不同类型冷水机组的 COP-PLR 关系如图 1 所示。

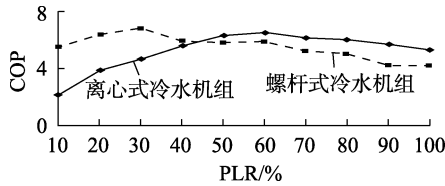


图 1 不同类型冷水机组的 COP-PLR 关系

Fig.1 COP-PLR relationship of different types of chillers

获取冷水机组 COP-PLR 关系的方法很多, 文献[13]采用带指数遗忘的最小二乘递归法确定 COP 与 PLR 的关系; 文献[14]则采用改进的 BP 神经网络算法, 利用在夏季、过渡季(春秋季节)和冬季进行的 3 次测试实验所采集的数据, 建立了冷水机组能效的黑箱模型, 并对各模型进行了准确性验证。本文通过系统全负荷率范围运行, 获取机组的 PLR 在 0.2~1.0 变化过程中机组 COP 的离散点, 通过数据点回归绘制曲线, 从而获得 COP-PLR 的多项式关系式, 如式(2)所示。

$$COP_i = \sum_{j=1}^M A_j PLR_i^j \quad (2)$$

其中, M 为多项式的最高次数; A_j 为多项式的系数。

2 风电波动功率平抑量确定

2.1 冷水机组参与平抑风电功率波动

风电作为现阶段符合技术和经济可行性的规模最大的可再生能源, 受气象条件、地理环境等一系列因素的影响, 具有较强的波动性和间歇性, 因而严重影响其利用效率和电网安全。图 2 为我国某风电场 850 kW 风电机组日输出功率曲线, 输出功率波动范围为 0~850 kW, 如此大范围的功率波动会严重影响并网电力系统的稳定运行。

为了改善风电机组的出力特性, 一般在风电机组发电出力峰值时, 吸纳风电功率的波动, 将风电出力转换成其他能量并存储, 在风电出力不理想时将存储的电量释放, 从而减小风电出力的波动程度, 减轻风电的接入对电网安全运行的影响。

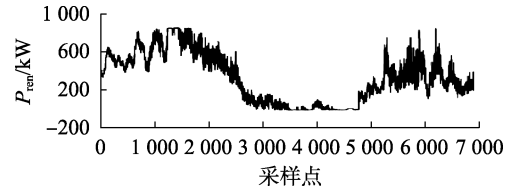


图 2 某风电场单台风电机组日输出功率曲线

Fig.2 Daily output power curve of one wind generator in a wind farm

中央空调及其所属建筑环境具备一定的热存储能力, 且在一定范围内调节温度不会影响居民生活的舒适度; 空调负荷体量大, 据统计, 当前我国电网在夏季负荷高峰期, 空调负荷已占尖峰负荷的 30%~40%, 并呈现逐年上升的趋势^[15-16], 集中控制后的空调负荷数量可观, 可调节的潜力大, 可以通过控制中央空调系统冷水机组负荷分配与风力发电的协调运行来平抑注入电网的功率波动, 从而大幅减轻电网稳定运行的压力。

2.2 风电波动功率平抑量确定

依据我国颁布的国家电网公司风电场接入电力系统技术规定, 要求装机容量小于 30 MW 的风电场每分钟有功功率波动应小于 6 MW(20%)。

本文采用整时段调节和移动调节的思想来确定风电波动功率的平抑量, 具体处理方法如下。

以 12 s 为时间间隔采集风电机组日输出功率值(假设风电机组装机容量为 P_N), 然后以 1 min 为一个时间段, 则每个时间段里包含 5 个风电机组输出功率采集点。求取每个时间段的平均功率 $\bar{P}_i$ ($i=1, 2, \dots, 7200$), 对比时段 i 的平均功率 $\bar{P}_i$ 与时段 $i+1$ 的平均功率 $\bar{P}_{i+1}$, 按照 2 个时段平均功率波动应小于 20% $\times P_N$ 的原则, 确定时段 $i+1$ 的平均功率调度目标 $P_{i+1}^{\text{goal}}, P_{i+1}^{\text{goal}}$ ($i=1, 2, \dots, 7200$) 的具体表达式为:

$$P_{i+1}^{\text{goal}} = \begin{cases} \bar{P}_i + 20\% \times P_N & \bar{P}_{i+1} \geq \bar{P}_i + 20\% \times P_N \\ \bar{P}_i - 20\% \times P_N & \bar{P}_{i+1} \leq \bar{P}_i - 20\% \times P_N \\ \bar{P}_{i+1} & \bar{P}_i - 20\% \times P_N < \bar{P}_{i+1} < \bar{P}_i + 20\% \times P_N \end{cases} \quad (3)$$

然后确定时段 $i+1$ 的波动功率平抑量 $\Delta P_{i+1}^{\text{goal}} = \bar{P}_{i+1} - P_{i+1}^{\text{goal}}$ ($i=1, 2, \dots, 7200$)。此处的波动功率平抑量 $\Delta P_{i+1}^{\text{goal}}$ 是一个限值, 实际的波动功率平抑量属于一个范围, 由于本文探究的是可平抑风电机组的潜力容量, 因而在此处取波动功率平抑量的限值。风电波动功率平抑量的确定流程如图 3 所示。图中, N 为时段总数。

3 可平抑风电机组容量与冷水机组负荷最优匹配模型

在冷水机组负荷效率特性以及风电待平抑功率波动值确定的基础上, 利用智能寻优算法在满足空

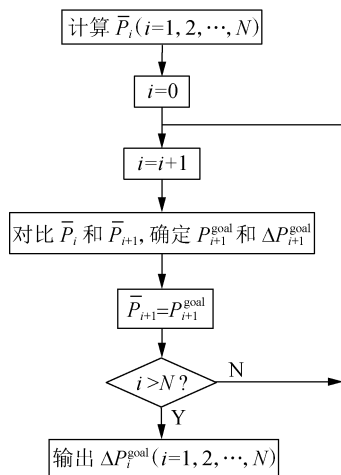


图 3 风电波动功率平抑量确定流程图

Fig.3 Flowchart of determining wind power fluctuation moderation

调制冷(制热)效果以及特定削减(增加)负荷约束条件的前提下,实现特定容量的空调冷水机组可平抑风电机组容量的最大化,即寻找满足相关约束条件时使目标函数取最大值的各冷水机组的负荷分配值 Q_i (第 i 台冷水机组的负荷分配值)以及风电机组容量系数 μ 。

3.1 目标函数

假设某风电机组预测的日输出功率曲线形状 P 已知,冷水机组的总容量也已知,对于给定的风电功率平抑量以及空调冷水机组制冷量允许的变化范围,最大化可平抑的风电机组的容量。目标函数为:

$$\max \mu P \quad (4)$$

其中, P 为风电机组日输出功率预测曲线形状; μ 为风电机组容量系数。

3.2 约束条件

中央空调的各台冷水机组的制冷量具有特定的变化范围,若超出范围会对冷水机组的运行性能造成不好的影响,甚至发生故障,因此待优化变量 Q_i 的变化范围为:

$$Q_{\min} \leq Q_i \leq Q_{\max} \quad i=1, 2, \dots, n \quad (5)$$

其中, Q_i 为第 i 台冷水机组分配的制冷量; $Q_{\max}$ 和 $Q_{\min}$ 分别为第 i 台冷水机组制冷量的上、下限约束; n 为中央空调冷水机组的总数。

中央空调用户对房间温度舒适度有一定的要求,空调机组参与平抑风电功率波动但不能牺牲空调用户的舒适度体验。假设冷水机组群控调节前后制冷量变化不得超过 5% 方能不影响空调制冷(制热)的效果,因此将冷水机组群控优化后的制冷(制热)效果保证转化为对冷水机组制冷量总和 Q 的约束,即需要满足约束:

$$|Q - Q_0| \leq 5\% \times Q_0 \quad (6)$$

其中, $Q = \sum_i Q_i$ 为中央空调冷水机组群控优化后的总制冷量; Q_0 为中央空调冷水机组群控优化前的总制冷量。

此外,要满足控制时段空调冷水机组负荷削减量(增加量)一定,即:

$$\Delta P_{\text{goal}} = \sum_{i=1}^n P_i - P_0 \quad (7)$$

其中, ΔP_{goal} 为预定负荷削减量(增加量),即风电波动功率平抑量; P_0 为控制时段之前各台冷水机组消耗功率之和,可以根据日负荷曲线得出; P_i 为施加控制后第 i 台冷水机组负荷分配对应的总功率值,其表达式如式(8)所示。

$$P_i = \frac{Q_i}{\text{COP}_i} \quad i=1, 2, \dots, n \quad (8)$$

其中, COP_i 为第 i 台冷水机组的能效比,可通过冷水机组的负荷效率模型,即 PLR 与能效比的关系得到,如式(9)所示。

$$\text{COP}_i = f_i(\text{PLR}) = f_i\left(\frac{Q_i}{Q_{\text{IN}}}\right) \quad i=1, 2, \dots, n \quad (9)$$

式(4)~(9)构成了可平抑风电机组容量与冷水机组负荷最优匹配模型,属于非线性优化问题,采用人工智能遗传算法进行求解。

4 算例分析

假设某商业楼宇中中央空调的 3 台冷水机组负荷效率曲线如图 4 所示,通过数据点回归拟合曲线得到 3 台冷水机组的 COP-PLR 的函数关系为:

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{COP}_1 = -0.000\,06 \times \text{PLR}_1^6 + 0.003\,1 \times \text{PLR}_1^5 - \\ \quad 0.052\,5 \times \text{PLR}_1^4 + 0.409\,1 \times \text{PLR}_1^3 - \\ \quad 1.567\,2 \times \text{PLR}_1^2 + 2.964\,4 \times \text{PLR}_1 + 4.184\,8 \\ \text{COP}_2 = -0.000\,1 \times \text{PLR}_2^6 + 0.004\,8 \times \text{PLR}_2^5 - \\ \quad 0.069 \times \text{PLR}_2^4 + 0.473\,9 \times \text{PLR}_2^3 - \\ \quad 1.646\,6 \times \text{PLR}_2^2 + 2.943\,3 \times \text{PLR}_2 + 4.138\,3 \\ \text{COP}_3 = 0.000\,4 \times \text{PLR}_3^5 - 0.010\,3 \times \text{PLR}_3^4 + \\ \quad 0.098\,4 \times \text{PLR}_3^3 - 0.490\,7 \times \text{PLR}_3^2 + \\ \quad 1.664\,2 \times \text{PLR}_3 + 3.863\,4 \end{array} \right. \quad (10)$$

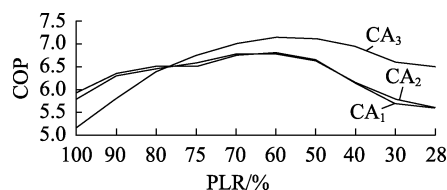


图 4 冷水机组 COP-PLR 曲线

Fig.4 COP-PLR curves of chillers

其中,机组 CA_1 的额定制冷量为 835.7 kW,机组 CA_2 的额定制冷量为 840.2 kW,机组 CA_3 的额定制冷量为 1 810 kW。选取我国某风电场中一台容量为 800 kW 风电机组预测的日输出功率曲线作为待优化可平抑风电机组的输出功率曲线形状,选取一天中某一时段(08:00—09:00)风电的输出功率曲线如图 5 所示。中央空调系统在相应时段的负荷曲线如图 6 所示。

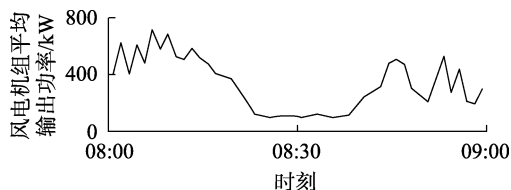


图 5 风电机组平均输出功率

Fig.5 Average output power of wind generator

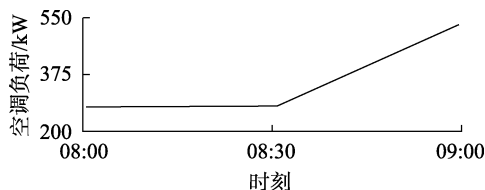


图 6 空调负荷曲线图

Fig.6 Air conditioning load curve

4.1 空调冷水机组负荷削减量确定

按照 2.2 节风电波动功率平抑量的确定方法,得到各时刻风电波动功率平抑量,即中央空调系统负荷削减量(增加量),如图 7 所示,其中虚线上方为空调冷水机组负荷预计增加量,虚线下方为空调冷水机组负荷预计削减量。

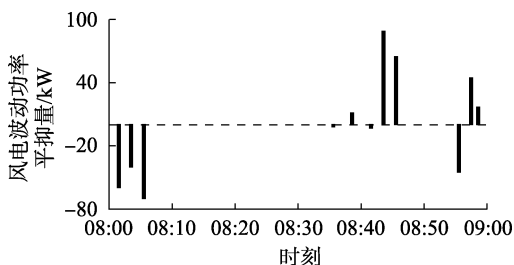


图 7 风电波动功率平抑量

Fig.7 Wind power fluctuation moderation

从图 7 可以看出,中央空调冷水机组负荷并不是在所有时刻都需要增加或减少,这是因为大部分时刻风电机组每分钟功率波动在容量的 20% 范围内,因此相应时刻的中央空调系统负荷无需削减或者增加。

4.2 风电机组容量确定

优化得到需要中央空调系统削减(增加)负荷时刻的优化参数 μ ,如表 1 所示。

进而得到此时段(08:00—09:00)可平抑的风电

表 1 优化参数 μ Table 1 Optimized parameter μ

时刻	功率削减量 (增加量)/kW	μ	时刻	功率削减量 (增加量)/kW	μ
08:01	-46.5	0.775	08:43	23.1	0.259 6
08:03	-40.0	1.000	08:45	21.3	0.327 7
08:05	-46.9	0.670	08:55	-45.0	1.000 0
08:35	-2.0	1.000	08:57	6.3	0.140 0
08:38	11.0	1.000	08:58	4.9	0.288 20
08:41	-3.0	1.000			

机组容量为 $0.14 \times 800 = 112$ (kW)。

4.3 空调冷水机组负荷分配结果分析

优化得各时刻 3 台冷水机组的负荷分配情况如图 8 所示。

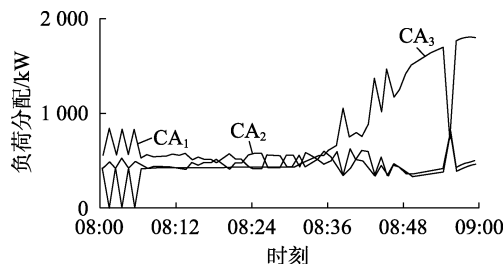


图 8 3 台冷水机组的负荷分配

Fig.8 Load distribution of three chillers

为了方便分析,将需要中央空调系统削减(增加)负荷的时刻抽离,得到其余时刻 3 台冷水机组的负荷分配情况如图 9 所示。

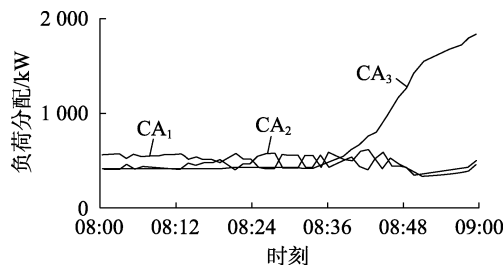


图 9 3 台冷水机组负荷分配(其余时刻)

Fig.9 Load distribution of three chillers(other moments)

在图 9 中,机组 CA_1 与 CA_2 的全天负荷分配趋势大体相同,这是因为这 2 台机组的负荷效率曲线几乎重合(见图 4),并且这 2 台机组的额定制冷量近似相等;机组 CA_3 的负荷效率曲线及额定制冷量与另外 2 台机组差异较大,负荷分配情况也有所不同。在 08:00—08:30 时间段,3 台冷水机组的负荷分配值相近,几乎属于平均分配负荷;而在 08:30—09:00 时间段,空调房间所需冷负荷从 1 410 kW 增至 2 640 kW,机组 CA_1 、 CA_2 的负荷分配量减少,机组 CA_3 增发出力,这是因为此时机组 CA_3 能效比的增加幅度大于机组 CA_1 (CA_2) 能效比的减小幅度,从而导致机组 CA_1 (CA_2) 出力减少而机组 CA_3 出力显著增加的现象。

图10为冷水机组负荷优化分配前后制冷量的差值(百分数),表征优化后制冷效果变化的程度。

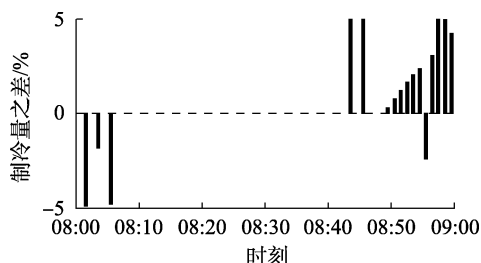


图10 优化前后制冷量差值

Fig.10 Cooling capacity differences before and after optimization

由图10可见,所有时刻优化前后的制冷量差值均未超过 $\pm 5\%$,不会影响空调的制冷(制热)效果,符合约束条件。

4.4 平抑效果分析

将风电机组和空调冷水机组视为一个组合,风电机组和空调组合优化前/后的功率输出曲线如图11所示。

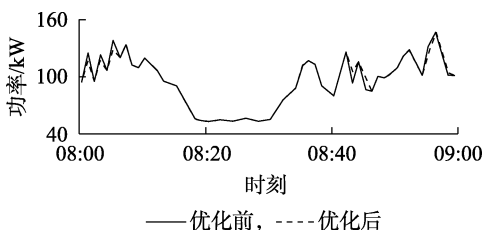


图11 风电机组和空调组合优化前、后功率输出曲线

Fig.11 Output power of air conditioning and wind generator before and after combination optimization

从图11中可以看出,与冷水机组负荷优化分配之前相比较,冷水机组群控优化之后的风电机组和空调组合的功率波动性有所缓解,有效地缓解了风电过于波动给电网运行带来的不稳定性,实现了空调负荷可调节潜力与风电功率波动需平抑量的有效结合。

5 结论

本文提出了一种可平抑风电机组容量与冷水机组负荷分配最优匹配模型,算例结果表明:

a. 考虑中央空调各台冷水机组负荷效率的差异性,根据能效比与PLR的关系,利用空调系统冷水机组负荷可调节潜力,可以实现对风电功率波动性的平抑作用;

b. 在风电机组日输出功率曲线形状和空调系统容量已知的情况下,在满足风电波动范围和空调制冷(制热)效果约束的前提下,可以挖掘可平抑风电机组的容量潜力。

参考文献:

[1] 南方日报. 2014年6月广州用电负荷创历史新高[EB/OL].

(2014-06-20)[2017-08-23]. <http://gz.bendibao.com/news/201466/content161378.shtml>.

[2] 2017年全社会用电量同比增长6.6%[EB/OL]. (2017-08-23)[2018-01-22]. http://www.nea.gov.cn/2018-01/22/c_136914159.htm.

[3] KILICCOTE S, SPORBORG P, SHEIKH I, et al. Integrating renewable resources in California and the role of automated demand response[EB/OL]. (2012-04-22)[2017-08-23]. <http://drcc.lbl.gov/publications>.

[4] FARUQI A, HLEDIK R, GEORGE S, et al. A national assessment of demand response potential[R]. Washington DC, USA: Federal Energy Regulatory Commission, 2009.

[5] 黎灿兵, 尚金成, 朱守真, 等. 气温影响空调负荷的累积效应导致能耗的分析[J]. 电力系统自动化, 2010, 34(20): 30-33.

LI Canbing, SHANG Jincheng, ZHU Shouzheng, et al. An analysis of energy consumption caused by air temperature-affected accumulative effect of the air conditioning load[J]. Automation of Electric Power Systems, 2010, 34(20): 30-33.

[6] 郭瑞. 公共建筑能耗评价指标体系研究[D]. 长沙: 湖南大学, 2007.

GUO Rui. Study on evaluation index system of energy consumption in public buildings[D]. Changsha: Hunan University, 2007.

[7] 张怀亮. 基于进化策略的艇用冷水机组群控优化节能技术[J]. 电机与控制应用, 2017, 44(1): 65-70.

ZHANG Huailiang. Cold water unit group control optimization energy-saving technology based on evolutionary strategy[J]. Electric Machines & Control Application, 2017, 44(1): 65-70.

[8] 王蕊, 任庆昌. 建立冷水机组能耗模型几种方法的比较与分析[J]. 现代建筑电气, 2017, 8(1): 9-13.

WANG Rui, REN Qingchang. Comparison and analysis of several methods for establishing energy consumption model of chiller[J]. Modern Architecture Electric, 2017, 8(1): 9-13.

[9] 朱肖晶, 朱兵, 王科, 等. 中央空调节能控制系统的技术应用分析[J]. 电力需求侧管理, 2018, 20(2): 25-28.

ZHU Xiaojing, ZHU Bing, WANG Ke, et al. Analysis of technical application of central air conditioning energy saving control system[J]. Power Demand Side Management, 2018, 20(2): 25-28.

[10] 郑丽华. 基于DCS的中央空调冷水机组控制系统设计[D]. 沈阳: 沈阳工业大学, 2015.

ZHENG Lihua. The control system of the central air conditioning system based on DCS[D]. Shenyang: Shenyang University of Technology, 2015.

[11] 刘洋. 基于TRNSYS的中央空调冷却水系统节能优化仿真研究[D]. 广州: 华南理工大学, 2013.

LIU Yang. Simulation study of energy saving optimization for cooling water system of central air condition based on TRNSYS[D]. Guangzhou: South China University of Technology, 2013.

[12] 邵凡, 张艳, 鲁燕. 中央空调冷水机组群控优化方法研究[J]. 电力需求侧管理, 2016, 18(4): 6-10.

SHAO Fan, ZHANG Yan, LU Yan. Study on optimal group control of chillers for central air conditioner[J]. Power Demand Side Management, 2016, 18(4): 6-10.

[13] 闫军威, 陈城, 周璇, 等. 多台冷水机组负荷分配优化策略仿真研究[J]. 暖通空调, 2016, 46(4): 98-104, 110.

YAN Junwei, CHEN Cheng, ZHOU Xuan, et al. Study on simulation of load distribution optimization strategy for multiple chillers[J]. Heating Ventilating & Air Conditioning, 2016, 46(4): 98-104, 110.

[14] 练斯甄. 冷水机组能效预测及节能优化运行研究[D]. 广州: 华

南理工大学,2014.

LIAN Sizhen. Energy performance prediction and optimization research of water-cooled chiller system[D]. Guangzhou:South China University of Technology,2014.

[15] 人民网. 广州用电创新高 空调负荷占四成[EB/OL]. (2013-08-13)[2017-08-23]. <http://money.163.com/13/0813/14/965PKE6K00253B0H.html>.

[16] 空调负荷占今夏用电三成以上 水泥行业开始轮休让电[EB/OL]. (2013-07-23)[2017-08-23]. <http://zjnews.zjol.com.cn/05zjnews/system/2013/07/23/019485023.shtml>.

作者简介:



杨 瑾

杨 瑾(1993—),女,新疆乌鲁木齐人,硕士研究生,主要研究方向为电力需求侧管理、电网规划等(**E-mail**:yangjin_seu@163.com);

高赐威(1977—),男,江苏南京人,教授,博士研究生导师,主要研究方向为电力需求侧管理、电动汽车接入电网、电力规划、电力市场、数据中心等(**E-mail**:ciwei.gao@seu.edu.cn)。

Group control strategy of air conditioning water chiller considering smoothing wind power fluctuations

YANG Jin¹, SHI Kun², YANG Jianlin³, GAO Ciwei¹

(1. School of Electrical Engineering, Southeast University, Nanjing 210096, China;

2. China Electric Power Research Institute, Beijing 100192, China;

3. State Grid Shanghai Electric Power Company Economic Research Institute, Shanghai 200120, China)

Abstract: The group control mode of central air conditioning water chiller equips the air conditioning system with a certain capacity for load regulation, which can be combined with the fluctuant power of wind turbine generator to smooth the volatility of wind power and determine the capacity that can be smoothed. Therefore, the model is established firstly based on the load efficiency characteristic of each water chiller, and then the calculation method of smoothing capacity variation range of wind power fluctuations is determined, and the optimal matching model between the smoothing capacity of wind turbine generator and the load distribution of water chiller is established on the premise of ensuring the refrigeration/heating effect of air conditioning, which can buffer the volatility of grid-connected wind power.

Key words: group control of water chiller; load efficiency characteristics; smoothing wind power fluctuation; optimal matching model; air conditioning