

[备用电源]

基于风电场集群接入的电网经济调度

文/国网湖南省郴州供电分公司 文志伟
郴州职业技术学院 候筱贤

风电、光伏等新能源的快速涌入打破了原有电力系统的能源平衡，特别是风电出力独有的间歇性、随机性和不可控性给电网安全经济运行带来了一定影响。针对存在集群风电场的地方电网实际情况进行分析，提出电网经济调度的方法，从而达到节约发电成本，减少弃风量，加强电网安全稳定运行的目的。

随着《能源发展“十三五”规划》及《可再生能源发展“十三五”规划》的发布，原有的传统化石能源消耗比重要降至58%以下，新能源要提高至15%以上。在此能源变革的环境下，风电、光伏等新能源迅猛增长。本文以南方甲地区电网为例，该地区主要以水电为支撑，容量为1 373.04 MW，占总装机容量51.17%；近三年风电快速发展，已投产数近20座，装机容量109.3 MW。风电、光伏等新能源的投产速度远快于该地区用电负荷增加速度，导致电网出现调峰困难，大量弃风的现象。同时风电场大部分处于偏远地区，线路长、潮流不稳定，增加了整个系统的网损；多风电场过于集中接入对变电站端的安全运行存在一定影响。基于此，本文对集群接入的风电场潮流进行多目标优化，减少弃风量；同时对电网内部采取改变电网方式、调整负荷潮流分配等措施，达到电网的经济调度。

电网概况

甲地区主要以省网下网为主，水电、新能源做支撑电源，截至2019年12月底，该地区水电厂发电量34.06亿kW·h，新能源发电量21.79亿kW·h。其中水电主要分布在东部地区，西部为工业重负

荷区。风电场的接入分布在东部地区，而且过于集中在几个大的枢纽站，水电、风电发电量大时，潮流由东部集中往西部输送，导致网损增加。甲地区负荷主要以工业及居民用电为主，波动主要是气温变化而引起的空调负荷。而风电多发于春秋季节，造成风电过剩，特别是春季水电发电量大，导致弃风弃水严重。2018年甲地区风电平均利用小时数1 901 h，但弃风电量达60万kW·h。甲地区2019年用电负荷分配情况见下表。

表 甲地区2019年用电负荷分配情况

用电类别	2019年	用电比重 (%)
工商业	338 484	54.3
农业	10 195	1.2
居民	168 005	44.5

电网内部经济调度措施

1. 优化电网规划

基于甲地区的电源及负荷特性，在风电场的投产审批中应对接入点严加把控。首先，尽量让风电场分散上网，减少枢纽站的上网负荷压力，便于该站安全运行，避免过载现象；其次，风电场规划尽量靠近负荷中心，以达到清洁能源就地消纳，减少潮流的远距离输送，从而可降低线损；最后，风电场规划，尽量避免靠近水电集中区，这样有利于调峰调压。

2. 合理安排网内运行方式

在负荷轻的季节,对于双主变压器运行或多主变压器运行的变电站,可退出多余的主变压器,减少不必要的损耗;对于有不同路径上网的风电场,尽量安排靠近城区负荷路径上网,减少线路损耗;根据风电大发期、水电大发期,合理安排机组、线路的检修,避免不必要的弃风、弃水;梳理地方电网下网路径,合理投退无功设备,提高电网功率因素。

3. 调整工业负荷

西部地区以工业负荷为主,其中主要为冶炼负荷。根据电网对工业负荷定价的政策,协调大用户尽量安排在下半夜生产,此时居民用电偏少而风电处于多发阶段。负荷的错峰安排,以及用户自备电厂的合理使用,在保证用户用电成本的情况下,可充分消纳风电,减少弃风量。

集群风电的优化调度

1. 风电场的数学建模

风电场的出力随机性导致风电场在低谷负荷、丰水期等情况下存在弃风现象。针对弃风情况列出了风电场的弃风系数。以弃风系数作为处罚因素,来平衡风功率预测与实际并网电量的偏差,以此作为发电成本。综合考虑环境及厂站成本来定义弃风系数的有效区间,计算公式为

$$\alpha_w - \beta_{\max} \leq \alpha \leq \alpha_w - \beta_{\min} \quad (1)$$

式中, α_w 是风电出力成本系数; $\beta_{\max}$ 、 $\beta_{\min}$ 分别是火电机组最小微增率、最大微增率,该地区火电微增率可忽略。

在实际中,风电场的出力与风速有着直接的关系,将风速与风电机组的出力做线性化描述,可得出风电场出力预测

$$p'_w = \begin{cases} 0 & v \leq v_{ci} \text{ 或 } v > v_{co} \\ \frac{v - v_{ci}}{v_{cr} - v_{ci}} p_r & v_{ci} \leq v < v_r \\ p_r & v_r \leq v < v_{co} \end{cases} \quad (2)$$

式中, $0 \leq v \leq v_{ci}$ 或 $v > v_{co}$, $v_{ci} \leq v < v_r$, $v_r \leq v < v_{co}$, v 是 t 时刻下的风速; p_r 是风电机组的额定功率; v_{ci} 、 v_r 、 v_{co} 是风机的切入风速、额定风速及切出风速。

得出有关风电场的电网优化调度目标函数为

$$F = f_a + f_b + f_c \quad (3)$$

式中, F 是含风电的电力系统发电总成本; f_a 、 f_b 、 f_c 是火电机组成本、风电机组旋转备用成本和弃风成本。其中 f_b 、 f_c 计算为

$$\begin{cases} f_b = \mu_w P_{wt} \\ f_c = \alpha (P_{wt}^d - P_{wt}) \end{cases} \quad (4)$$

式中, P_{wt} 是实际接纳风电功率; α 是弃风系数; P_{wt}^d 是风电场计划出力。

2. 约束条件

因为火电在该地区基本可忽略,所以不考虑该地火电机组的旋转备用容量约束。主要考虑忽略网损情况下风电场功率平衡约束

$$\sum i = 1 \text{NGPG}, i(t) + \sum m = 1 \text{NWPW}, m(t) - \text{PL}(t) = 0$$

式中, NW 是并网风电场个数; $PW, m(t)$ 是第 m 个风电场在 t 时段的输出功率; $\text{PL}(t)$ 是电网在 t 时段的负荷预测。

3. 取得的效果

经过对目标函数的优化,减少风电弃风系数,增加风功率预测的准确率,提高整个电网调度的经济性。甲地区2018、2019年峰谷差率对比如下图所示。从下图中可以看出,采取经济调度措施后,该地区电网峰谷差率有所改善,同时将风电场的弃风量减少至0万,电压处于合格范围内。

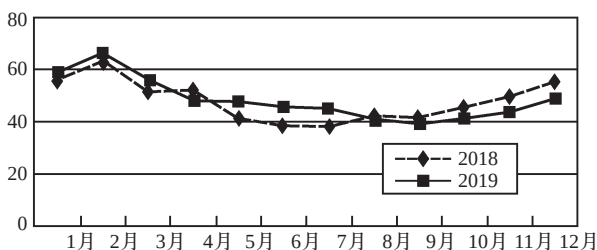


图1 甲地区2018、2019年峰谷差率对比

结束语

风电作为清洁能源,很大程度上减少了化石能源发电带来的污染,但风电存在出力不可控性,对电力系统的稳定经济运行提出了挑战。本文针对甲地区的具体电网及负荷构造,从电网内部及风电场集群调度方面做了优化,很大程度提高了调度调峰、调压的可行性。通过对集群接入风电场的电网进行数学建模,改变风电场的弃风系统及提高风功率预测准确率,从而减少该地区的峰谷差,降低风电场的弃风量。通过采取经济调度的措施,在提高整个集群电厂效益的同时也使风电场更好地为电网服务。EA

(收稿日期: 2020.05.28)