

新能源消纳能力评估技术

潘丛虎¹ 党佳伟²

1. 新疆中电建新能源供电有限公司; 2. 中国电建集团哈密新能源开发有限公司

摘要: 新能源消纳是世界性技术难题, 随着西北电网新能源装机飞速发展, 高比例、多直流耦合的送电网逐步形成, 高比例新能源情况下如何实现新能源高效消纳迫在眉睫, 本文针对新能源消纳问题, 结合基于非时序的新能源消纳能力评估方法, 解决了新能源消纳评估能力不足的问题, 将评估时间缩短至2分钟。

关键词: 非时序分析; 消纳评估; 概率分析

引言

新能源消纳能力评估常采用两种方法, 一种是基于概率分布的时间序列计算方法, 一种是蒙特卡洛方法。第一种方法虽然计算快速, 但缺少理论研究, 第二种方法能够满足新能源出力概率分布, 取得准确的计算结果, 但是整个计算过程需要反复抽样, 计算时间比较长, 同时, 两种方法必须满足一个前提条件, 即新能源的弃电率是稳定的, 这种假设虽然在计算结果上有一定的契合度, 但缺乏理论依据的支撑, 针对上述问题, 本论文详细分析了基于非时序的新能源消纳评估方法, 并在实际运行中进行理论验证, 从而得到新能源消纳能力的评估手段, 进一步提升新能源消纳能力。

一、新能源快速量化评估模型

电力系统某时刻出力等于新能源出力、水电出力与火电出力之和, 新能源的弃电率取决于系统负荷和新能源的消纳空间, 消纳空间取决于系统出力与火电、水电的最小技术出力之差, 新能源消纳能力评估采用时序仿真法时, 如果常规电源能够提供足够的调频能力时, 新能源出力不影响一次调频, 此时, 可以忽略火电机组的爬坡约束, 新能源消纳能力的评估模型与时间轴无关, 新能源的发电功率取决于理论功率和消纳空间, 量化关系如公式(1)所示:

$$P_{new,ab}^t = \begin{cases} P_{new}^t - (L^t - P_{min}^t), & P_{new}^t > L^t - P_{min}^t \\ 0, & P_{new}^t \leq L^t - P_{min}^t \end{cases} \quad (1)$$

式中, P_{new}^t 为 t 时刻风电与光伏合计理论出力, $P_{new,ab}^t$ 为系统新能源弃电功率, P_{min}^t 为系统最小可调, $P_{new}^t + P_{thermal}^t + P_{water}^t = L^t$ 为系统负荷, $P_{thermal}^{min}$ 和 $P_{thermal}^{max}$ 分别为火电机组最小、最大技术出力。

由上式可以看出, 当 $P_{new}^t \leq L^t - P_{min}^t$ 时, $P_{new,ab}^t = 0$; 当 $P_{new}^t > L^t - P_{min}^t$ 时, $P_{new,ab}^t = P_{new}^t - (L^t - P_{min}^t)$ 。

二、基于概率统计的模型求解算法

根据前文给出的量化评估模型, 可以得出新能源的出力取决于新能源消纳空间和新能源理论功率, 因此我们只需要研究三者之间的关系, 可以得到新能源的弃电率。

(一) 新能源理论出力的概率分布函数

西北电网新能源主要组成为光伏和风电, 因此, 需要分别建立两者新能源出的出力概率分布函数, 对于风电功率出力模型而言, 由于风电是由风能经由风力发电机组转化而来, 所以其应当包含两个部分:

① 风速的不确定性;

② 风机输出功率与风速之间的关系。

基于某典型风电场的数据统计, 风速 v 的分布可以通过两参数Weibull分布函数描述, 其概率密度函数如式(2)所示。

$$f(v) = \frac{b}{a} \left(\frac{v}{a}\right)^{b-1} \exp\left[-\left(\frac{v}{a}\right)^b\right] \quad (2)$$

其中, a 、 b 为Weibull分布的尺度和形状参数。风机输

出功率与风速之间的关系由式(3)给出:

$$P = \begin{cases} 0 & 0 \leq v < V_c \\ W_A + W_B \cdot v + W_C \cdot v^2 & V_c \leq v < V_r \\ P_r & V_r \leq v < V_f \\ 0 & v \geq V_f \end{cases} \quad (3)$$

式中, V_c 为风机切入风速, V_r 为风机额定风速, V_f 为风机切除风速, P_r 为风机额定出力。 W_A 、 W_B 、 W_C 为 V_c 和 V_r 的函数。综合式(2)与式(3)即可求得风电出力概率分布模型。

对于光伏功率出力模型而言, 与风电类似, 其也包含两个部分:

① 光照强度的不确定性;

② 光伏输出功率与光照强度之间的关系, 可以近似认为实际运行中光照强度 S 服从Beta分布, 即有:

$$f\left(\frac{S}{S_{max}}\right) = \frac{1}{B(a,b)} \left(\frac{S}{S_{max}}\right)^{a-1} \left(1 - \frac{S}{S_{max}}\right)^{b-1} \quad (4)$$

式中, S_{max} 为最大光照强度, a 、 b 为Beta分布的尺度和形状参数。光伏输出功率与光照强度之间的关系可以通过经验公式近似描述

$$P = SA\eta \quad (5)$$

式中, A 为光伏阵列照射面积。综合式(4)与(5)即有光伏出力概率分布模型。通过计算, 分别得到光伏和风电的概率分布函数, 虽然新能源出力等于光伏出力和风电出力之和, 但不能将两者的概率分布函数直接相加, 因为, 在实际运行中, 两者的运行特性是随机的, 并且两者差距较大, 直接相加会产生较大误差, 对此, 本论文采用Copula函数构建风光二元联合分布函数, 将联合分布函数与风光各自的概率分布函数构建非时序相关性。二元阿基米德Copula函数由式(6)给出

$$H(x,y) = \varphi^{-1}[\varphi(x) + \varphi(y)] \quad (6)$$

由于阿基米德Copula函数有Clay-Copula、Gumble-Copula及Frank-Copula等多种形式。为准确反映新能源出力特性, 本文选择式(7)所示的Clay-Copula函数来构造新能源出力的概率分布模型。

$$H(P_w, P_s) = \max\left\{\left[\left(F_w(P_w)\right)^{-\theta} + \left(F_s(P_s)\right)^{-\theta} - 1\right]^{\frac{1}{\theta}}, 0\right\} \quad (7)$$

式中, P_w 和 P_s 分别为风电和光伏出力, F_w 和 F_s 分别为风电及光伏的出力概率分布函数, θ 为连接参数, 其取值由反映风、光出力相关性的Kendall秩相关系数 τ 决定, 两者关系式如式(8)所示:

$$\tau = \theta / (\theta + 2) \quad (8)$$

(二) 新能源消纳空间的概率分布函数

系统新能源消纳空间由式(9)给出

$$P_{new,ca}^t = L^t - P_{min}^t \quad (9)$$

式中, L^t 为系统负荷, P_{min}^t 为系统最小可调。

从式(9)可以看出, 实际电网运行中, 新能源消纳空间主要由系统最小可调 P_{min}^t 及系统负荷 L^t 决定。而对于系统最小可调而言, 其主要由常规机组开机方式和调峰率决定。在确定系统常规机组开机方式后, 结合系统负荷、和常规机组调峰率, 就可以得到反映系统消纳空间的时序曲线, 继而得到其概

(下转第387页)

理包文件名称和数量,评分标准是对管理包进行了补充、修订并进行推广;八是现场定置管理,检查内容是现场、办公室、仓库是否整理和整顿,定置摆放,评分标准是各种物品摆放整齐、有序、定置管理,形成管理机制能够长期保持得最高分,杂乱无章得最低分1.5分;第九,评价与激励,检查内容是否将精益管理推进与绩效评价结合并定期进行评价与激励,评分标准是建立评价机制每月对部门和个人精益管理工作情况进行评价和激励,建立多种激励方式且激励兑现。

第二,精益管理推进配套体系包括:1.益团队建设,检查内容是精益管理专职、兼职人员、内部专家和潜在内部专家、积极分子团队建设情况。包括人员统计、受训时间和内容、担任角色和发挥的作用等,评分标准是建立了精益团队,团队人员覆盖各部门;2.管理制度,检查内容是是否制定了方针管理、SDA、SGA管理、kaizen管理、评价与激励制度,活动的展开有明确的要求,评分标准是制订了包括全部内容的管理制度并有详细的流程和规范表单;3.可视化展示,检查内容是精益管理重点工作计划展示;精益管理知识宣传;各部门精益活动展示;对标内容展示;改善之星和优秀改善案例展示,宣传和展示形式多样。

四、节能降耗成本控制

节能降耗不仅是企业的责任与义务,也可以使企业实现成本控制,为企业带来更多经济效益,节约的能源就是为企业创造的利润,所以,提升节能降耗管理水平,不仅可以为我国生态环境建设做出贡献,获得良好的社会效益,而且使企业成本控制在最小范围内,为企业带来经济效益。能源消耗一般包含在财务成本管理中,所以,财务成本控制想要取得良好的工作

效果,节能降耗也是其中重要的工作内容。

五、节能技术的使用

节能降耗管理是一项专业性较强的工作,不仅需要避免人为因素的影响,而且需要不断提高节能技术,首先,能源消耗的准确计算,离不开技术的支持,例如:水、电等能源的消耗都需要更加精确化的计量仪器,按照总表与分表的形式进行布置,这样不仅可以准确计量,而且还可以对能源的消耗进行监控,形成较完整的能源监控体系。其次,节能技术的使用,可以使节能降耗工作取得较明显的效果,综上所述,节能降耗管理想要取得良好的效果,其中节能技术的使用是核心,管理系统的建立与完善是关键,无论是企业管理者,还是职工,都需要树立节能降耗意识,明确各级工作人员节能职责,完善管理制度,有效约束他们的工作行为,使用节能产品,替换高能耗设备。技术与管理同时发力,确保企业生产、发展的精益化,为我国节能降耗、走可持续发展道路做出贡献。

参考文献

[1]王翔.精细化管理成就节能降耗先锋.尿素,2015(1):18-19.
 [2]白长军.烟厂精益化管理、节能降耗的实践举措探寻[J].科学技术创新,2020(13):189-190.
 [3]贾福萍.电能计量精细化管理对节能降耗的作用[J].中国包装科技博览,2010,000(036):643-643.
 [4]周喜龙.物资计量精细化管理对节能降耗的作用.中国计量,2008(5):33-34.
 [5]王海平.煤化工企业节能降耗现状与发展对策探讨[J].《中国战略新兴产业》,2019,000(034):14.

(上接第374页)

率分布函数。

(三) 新能源弃电电力概率分布函数的计算

至此,可得新能源消纳空间、新能源理论出力的概率分布函数,分别记其为 $f_{new,ca}(x)$ 和 $f_{new}(y)$ 。根据式,系统新能源弃电电力 $P'_{new,ab}$ 由式(10)给出。

$$P'_{new,ab} = \begin{cases} P'_{new} - P'_{new,ca} & (P'_{new} > P'_{new,ca}) \\ 0 & (P'_{new,ca} > P'_{new}) \end{cases} \quad (10)$$

由于实际运行中,新能源理论出力及系统消纳空间均为满足一定概率分布且相互独立的随机变量,则根据卷积定义,弃电电力的概率分布函数 $f_{new,ab}(z)$ 可通过 $f_{new,ca}(x)$ 和 $f_{new}(y)$ 做卷积求得,如式(11)所示。

$$f_{new,ab}(z) = \begin{cases} \int_{-\infty}^{+\infty} f_{new,ca}(x) f_{new}(z+x) dx, z > 0 \\ 0, else \end{cases} \quad (11)$$

接下来,根据积分中值定理,式给出的新能源弃电率 λ 可由式(12)计算

$$\lambda = \frac{\int_{t_1}^{t_2} P'_{new,ab} dt}{\int_{t_1}^{t_2} P'_{new} dt} = \frac{P'_{new,ab}(t_2 - t_1)}{P'_{new}(t_2 - t_1)} = \frac{P'_{new,ab}}{P'_{new}} \quad (12)$$

需要注意的是,由于只有在 $P'_{new} > P'_{new,ca}$ 时,新能源才会产生弃电电力,所以在利用式(12)计算弃电率时,只计算 $P'_{new} - P'_{new,ca}$ 大于零的部分。从式(12)可以看出,在求得新能源弃电电力的概率分布函数 $f_{new,ab}(z)$ 和新能源理论出力的概率分布函数 $f_{new}(y)$ 后,即可进一步得到新能源平均弃电率及新能源平均理论功率,继而直接算出新能源弃电率 λ 。

三、总结

本论文通过分析新能源弃电率、新能源理论出力和消纳空间之间的关系,得到相应的概率分布函数,从而评估出新能源的消纳能力,通过评估结果调整系统火电与水电机组出力,实现新能源消纳空间的最大化,为新能源场站运行提供技术支持和指导,提高新能源场站的发电效率。

参考文献

[1]高强,朱涛,钟磊,等.地区电网新能源发电项目消纳能力研究[J].电力学报,2017,032(006):490-496.
 [2]郑伟,孙军鹏.基于新能源消纳的电网规划研究[J].全文版:工程技术,2016(3):245-245.
 [3]史智萍,王智敏,吴玮坪,等.基于态势感知的电网消纳可再生能源发电评估与扩展规划方法[J].电网技术,2017(07):2180-2186.