地区天气实况数据用于架空导线动态增容的方法

付善强1,蔡富东2,王孟夏1,金 旭1,张 强3,韩学山1

(1. 山东大学 电网智能化调度与控制教育部重点实验室,山东 济南 250061;

2. 山东信通电子股份有限公司,山东 淄博 255088;3. 山东电力调度控制中心,山东 济南 250001)

摘要:架空导线载流量与气象条件相关,实现架空导线载流量的动态评价对充分利用导线载荷能力、提高电 网安全经济运行水平具有重要意义。利用部分气象要素的地区一致性特点,基于架空导线微气象数据及逐 小时地区天气的实况数据,分析两者在气温和日照强度上的相关性及偏差的分布规律,提出将地区天气实况 数据用于地区电网架空导线动态增容的方法。算例结果表明,所提方法可得到偏保守的载流量分布及分位 数,在一定程度上改善了传统静态热定值的保守性。

关键词:电力系统;地区天气;输电线路;地区电网;动态增容

中图分类号:TM 73 文献标志码:A

DOI:10.16081/j.epae.202012020

0 引言

当前,随着发电、负荷的不断增长以及新能源发 电的广泛接入,地区电网输电能力面临挑战。由于 地区电网输电距离较短,载荷能力主要由热限制决 定^[1],因而实现输电线路的动态增容对地区电网安 全经济运行具有重要意义^[2]。

架空导线载流量与气象环境密切相关。在给定 导线最大允许运行温度下,其载流量主要由气温、风 速、风向以及日照强度4个气象要素决定[3]。目前工 程中广泛使用的静态热定值 STR (Static Thermal Rating)^[4]是在假设较为不利的气象条件(高气温、 低风速、强日照)同时发生的情况下计算得到的, 具有明显的保守性。为此,20世纪70年代末美国 学者 Davis 提出动态热定值 DTR (Dynamic Thermal Rating)技术(动态增容技术)框架^[5],旨在根据架空 导线微气象量测实时计算其最大容许载流量,该技 术揭示了输电元件载荷能力的时变性。研究表明, 在多数情况下架空导线 DTR 均显著高于 STR, 动态 增容效果显著。20世纪80年代,在以美国为代表的 发达国家中对电网输电能力的需求迅速增长,这使 得动态增容技术进一步获得研究并投入工程应 用[6-7]。21世纪初动态增容技术被引入我国华东电 网^[8-9]。目前动态增容技术已较为成熟,能够实现对 架空导线温度、力学状态(应力、弧垂)及微气象的系 统化监测及通信[10-11],结合导线热平衡模型参数在 线辨识技术^[12],架空导线载流量的计算精度不断提 高。综合来看,动态增容技术在缓解电网载荷能力 紧张状况、节约电网建设投资以及增强电网接纳新

收稿日期:2020-07-21;修回日期:2020-10-29 基金项目:山东省重点研发计划(2019GGX103044) Project supported by the Key Research and Development Plan of Shandong Province(2019GGX103044) 能源发电能力方面发挥了重要作用^[13-13],但架空导 线动态增容技术的实施依赖于微气象的在线监测数 据,增加了相关量测、通信设备的投资以及日常的运 维成本,这在一定程度上限制了动态增容技术的推 广应用。

目前,随着世界范围内气象监测网的完善及开 放平台的建设,地区气象站(如城市气象站)可方便 地提供多种气象要素的实况数据。其中,气温及晴 朗天气下的日照强度具有较强的地区一致性,本文 尝试利用该性质,在假定架空导线风速微气象为保 守值(静风速)的情况下,将地区气温及日照强度实 况数据用于地区电网架空导线的动态增容。首先, 基于地区天气的历史数据以及地区电网架空线微气 象的历史数据,统计学习地区气温及日照强度与导 线周围环境温度及日照强度微气象之间偏差(简称 气温偏差和日照强度偏差)的分布规律,建立偏差的 概率分布模型;然后在获得地区气温、日照强度实况 数据的基础上,对气温及日照强度偏差进行随机抽 样并与地区天气实况数据进行叠加,模拟架空导线 微气象分布,在风况保守性假设下计算导线载流量 的概率分布及分位数信息;在此基础上,进一步分析 当日照强度地区一致性较差、日照强度偏差不具有 统计规律时,将日照强度保守化处理后的载流量概 率分布及分位数计算结果;最后,进行实例分析,结 果表明,虽然本文方法得到的载流量分布具有保守 性,但各分位点载流量在多数情况下仍明显高于 STR,可为实现架空导线的保守性增容提供参考。

1 架空导线载流量的计算

根据IEEE标准,架空导线稳态热平衡模型可由式(1)描述^[16]。

$$q_{i}(T(t)) + q_{s}(t) = q_{c}(T(t)) + q_{r}(T(t))$$
(1)

其中,t为时间(s);T为导线的温度(℃);q_i为在考虑 导体电阻温度效应下单位长度导线的电阻发热量 (W/m),与导线载流量和温度有关;q_s为日照吸 热量(W/m),主要与日射强度有关;q_c为单位长度 导体的空气对流散热量(W/m),与风速、风向以及 导体与环境温差等因素有关;q_r为热辐射散热量 (W/m),主要与导体和环境的温差有关。式(1)描 述了导体热稳态下吸热与散热之间的平衡关系,式 中各吸、散热项的具体计算式为:

$$q_i(T) = I^2 R(T) \tag{2}$$

$$R(T) = \frac{R(T_{\rm high}) - R(T_{\rm low})}{T_{\rm high} - T_{\rm low}} (T - T_{\rm low}) + R(T_{\rm low}) \quad (3)$$

$$=\alpha Q_{\rm se}\sin\theta A' \tag{4}$$

$$\begin{cases} q_{c1} = \left[1.01 + 0.037 \, 2 \left(\frac{D\rho_{f} V_{w}}{\mu_{f}} \right)^{0.52} \right] k_{f} k_{angle} \left(T - T_{a} \right) \\ q_{c2} = 0.011 \, 9 \left(\frac{D\rho_{f} V_{w}}{\mu_{f}} \right)^{0.6} k_{f} k_{angle} \left(T - T_{a} \right) \\ q_{c3} = 0.020 \, 5 \rho_{f}^{0.5} D^{0.75} \left(T - T_{a} \right)^{1.25} \end{cases}$$
(5)

 q_{s}

$$q_{r}(T) = 0.017 \, 8D\varepsilon \left[\left(\frac{T + 273}{100} \right)^{4} - \left(\frac{T_{a} + 273}{100} \right)^{4} \right] \quad (6)$$

其中,*I*为架空导线载流量(A);*R*(*T*)为温度*T*下单位 长度导线电阻(Ω / m);[T_{low} , T_{high}]为电阻–温度线性 关系的存续区间,本文设定 $T_{low}=25 \ C \ T_{high}=75 \ C$; α 为导体日照吸收率; Q_{se} 为日照强度(W / m^2); θ 为有 效的太阳光线入射角(°),与导线所处地理位置以及 海拔有关;A'为单位长度的导体投影面积(m^2 / mm), 由导线材料以及型号决定; q_{e1} 、 q_{e2} 分别为低风速、高 风速时计算的单位长度导体的空气对流散热量,在 任何风速下,应使用2个计算式中对流散热量较大 者; q_{e3} 为在零风速下计算的单位长度导体的自然对 流散热量;D为导线直径(mm); k_r 为空气导热系数 ($W / (m \cdot C)$); ρ_r 为空气密度(kg / m^3); μ_r 为空气的 动态粘度($Pa \cdot s$); T_a 为导线周围环境温度(C); k_{angle} 为风向因子,和架空导线与风向的夹角有关; V_w 为风 速(m / s); ε 为导体的散热系数。

由式(2)—(6)可见,一旦架空导线架设地点及 型号确定,其载流量主要取决于导线周围环境温度 T_a 、风速 V_w 、风向因子 k_{angle} 以及日照强度 Q_{se} 这4个微 气象要素。在已知架空导线这4个微气象要素的情 况下,其载流量可由式(7)计算。

$$I_{\max} = \sqrt{\frac{q_{e}(T_{\max}) + q_{r}(T_{\max}) - q_{s}}{R(T_{\max})}}$$
(7)

其中,*T*_{max}为架空导线长期连续运行的最大允许温度,我国通常取为70℃^[17]。

2 架空导线微气象与地区天气的关联关系 分析

在上述4个微气象要素中,风况对架空导线载 流量的影响较大,且易受微地形的影响,即便在同一 地区内也可能存在较大差异;相比而言,气温则具有 较强的地区一致性。以山东某地区为例,图1为分 布在该地区范围(东西约60km,南北约130km)内 的65个气象监测点在2018年7月5日14:00的气温 及风速监测数据。



图1 山东某地区气象监测点气温和风速实况

Fig.1 Live data of air temperature and wind speed for meteorological monitoring stations in a region of Shandong

由图1可见,同一地区不同地点的风速差异较 大,而气温则具有较强的地区一致性(图1中各气象 监测点气温变化范围为[26,31.6]℃,风速变化范围 为[0,5.4] m/s)。本文假定架空导线风况为保守 值,重点分析地区气温和日照强度与架空导线微气 象之间的关联关系。

本文收集了某地区电网 220 kV 架空导线沿线 2 个线档(分别记为线档 1 和线档 2,距离城市中心分 别约为 20 km 和 30 km) 2015 — 2017 年夏季分钟级 微气象数据以及附近城市的小时级历史天气数据。 经统计,在约 270 d中,2个线档导线处气温和日照 强度微气象的小时均值与地区天气小时实况数据的 相关系数如表1所示,相关系数均在 0.6 以上,可见 两者之间存在一定的相关性。

表1 2个线档导线微气象要素与地区天气的相关系数

 Table 1
 Correlation coefficients between micrometeorological factors for lines of two spans and regional weather

微气象要素 -	微气象与地区天气相关系数	
	线档1	线档2
气温	0.82	0.81
日照强度	0.62	0.65

城市地区天气实况主要反映城市及周边地表 (距地高度2m左右)的整体天气变化情况,而架空 导线微气象数据则反映距地高度15~50m范围内的 架空线档周围的气象状态,受高度差及微地形的影 响,两者之间存在差异。然而,由于架空线档与城市 的相对位置、所处的微地形状况及高度一定,且气温 和晴朗天气下的日照强度本身具有一定的地区一致 性,因此,地区天气实况与地区内微气象之间相对差 异的分布也存在规律。以下结合气温及日照强度的 微气象历史数据及地区天气实况的历史数据,分析 两者相对偏差的统计规律。

考虑到气温及日照强度变化的季节和日度规律性,本文分季节按24h统计气温偏差和日照强度偏差的分布规律。如夏季午间12:00—13:00时段内2 个线档的气温偏差和日照强度偏差的分布情况分别如图2和图3所示。







分布直方图

Fig.3 Frequency distribution histograms of air temperature and solar radiation deviations for lines of Span 2

由图2和图3可见,气温偏差和日照强度偏差 近似呈正态分布。以线档1为例,地区气温与该 处微气象的偏差主要集中于[-1,2]℃(偏差落在该 区间的频率大于0.95),日照强度偏差则主要集中于 [-50,50]W/m²。以上分析表明,地区气温及日照 强度与周边微气象之间存在一定相关性,且气温偏 差及日照强度偏差的分布具有规律性。

3 地区天气用于架空导线动态增容的方法

由第2节的分析可知,气温偏差及日照强度偏 差具有一定的分布规律。通过历史数据学习该分布 规律,在对风况微气象进行保守假设的情况下,本文 结合地区气温及日照强度实况数据保守评估导线载 流量的变化范围及概率分布,为实现架空导线保守 增容提供依据,思路如图4所示,图中N为设定值。

按此思路,以小时级的地区气温及日照强度历



图4 地区天气数据用于架空导线动态增容的步骤 Fig.4 Procedure for dynamic capacity increase of

overhead lines using regional weather data

史数据(数据集1)以及分钟级的微气象历史数据 (数据集2)为例,本文提出基于地区天气实况数据 的架空导线动态增容方法,具体实施步骤如下。

(1)首先从数据集1中提取相同季度中各天同一小时的地区气温及日照强度历史数据,同时从数据集2中提取对应小时内的架空导线微气象历史数据。利用式(8)计算全天各小时地区气温和日照强度与导线微气象之间的偏差,建立各小时内气象偏差向量。

 $\boldsymbol{y}_i =$

$$\begin{bmatrix} \varphi_{1,i,1}, \dots, \varphi_{1,i,n}, \varphi_{2,i,1}, \dots, \varphi_{2,i,n}, \dots, \varphi_{m,i,1}, \dots, \varphi_{m,i,n} \end{bmatrix}^{\mathrm{T}} - \begin{bmatrix} I_{1\times n}\lambda_{1,i}, I_{1\times n}\lambda_{2,i}, \dots, I_{1\times n}\lambda_{m,i} \end{bmatrix}^{\mathrm{T}} i = 1, 2, \dots, 24; n = 60 \quad (8)$$

其中, y_i 为第i小时内某微气象要素相对地区天气的 偏差向量; $\varphi_{k,i,j}(k=1,2,\dots,m;j=1,2,\dots,n)$ 为第k天第i小时内某微气象要素的第j个量测数据,m为 历史数据的总天数,如使用2 a 夏季的历史数据,则 m=184;I为单位向量; $\lambda_{k,i}$ 为第k天第i小时内某微气 象要素的地区天气实况值。

(2)基于气象偏差向量,采用核密度估计法^[18-19] 估计气温偏差和日照强度偏差在各小时内的概率密 度分布。本文使用高斯函数作为Parzen窗估计的窗 口函数,概率密度估计式为:

$$p_i(x) = \frac{1}{mnh} \sum_{u=1}^{mn} k \left(\frac{x - y_{i,u}}{h} \right) \quad i = 1, 2, \dots, 24 \quad (9)$$

其中, $p_i(x)$ 为某微气象要素第i小时内气象偏差x的 概率密度; $k(\cdot)$ 为高斯核函数; $y_{i,u}$ 为某微气象要素 第i小时内的第u个偏差样本;h为带宽系数。

(3)在获得气温及日照强度偏差的概率密度分 布曲线后,利用高斯函数拟合得到偏差的概率密度 函数。

(4)假定线路微气象中风况为保守值,基于气温 及日照强度偏差的概率密度函数反复抽取N组气温 及日照强度偏差,将其与地区天气实况数据叠加模 拟架空导线微气象,并利用式(7)计算时段内的架空 导线载流量。在实际计算中,通常当模拟次数达到 2000次(N=2000)左右时载流量概率密度分布基本 不再变化,本文中N设为3000。

210

(5)利用 Parzen 窗法估计时段内架空导线载流 量的概率密度分布,并统计分位数信息。

(6)确定增容结果。通过对比不同分位数载流 量与导线实际载流量历史数据,选择合适分位数作 为导线增容结果,实现架空导线的保守增容。

与日照强度相比,气温通常具有较好的地区一 致性,体现在气温偏差的分布较为集中,而不同地区 日照强度的地区一致性程度可能存在差异。通过数 据分析发现,对于日照强度一致性较差(日照强度偏 差分布无明显统计规律)地区的电网架空导线,可在 上述步骤中引入日照强度理论计算方法^[16],即根据 地区纬度计算晴朗天气下全天任意时刻日照强度的 理论计算值,并将其用于载流量计算,相当于保守化 考虑日照强度。因此,上述方法中仅需学习气温偏 差的统计规律,而载流量的计算结果也将更偏于 保守。

4 算例分析

本文以某220 kV架空导线距市中心约20 km处的线档导线为例,以2015年和2016年夏季微气象历史数据和地区天气实况历史数据作为训练集,评估该导线在2017年7月6日12:00—13:00时段的载流量。该时段地区天气实况为气温26℃,日照强度760 W/m²。根据前文所述动态增容的实施步骤,首先统计训练集中每日12:00—13:00时段内的气温偏差及日照强度偏差的频率分布直方图如图2所示。利用Parzen窗估计得到气温及日照强度偏差的概率密度曲线如图5 所示。





对图5中的概率密度曲线进行高斯函数拟合, 得到气温与日照强度偏差的概率密度函数分别如式 (10)、(11)所示。

$$f_{a}(x_{a}) = 0.17e^{-\left(\frac{x_{a}+0.04}{0.35}\right)^{2}} + 0.31e^{-\left(\frac{x_{a}-0.93}{1.23}\right)^{2}}$$
(10)
$$f_{s}(x_{s}) = 3.2 \times 10^{-3}e^{-\left(\frac{x_{s}+9.8}{9.9}\right)^{2}} + 7.3 \times 10^{-3}e^{-\left(\frac{x_{s}-6.8}{31.7}\right)^{2}} + 4.3 \times 10^{-3}e^{-\left(\frac{x_{s}+6.3}{70}\right)^{2}}$$
(11)

其中,x_a和x_s分别为气温和日照强度偏差变量。

基于式(10)、(11)所示概率密度函数对2017年 7月6日12:00—13:00时段内气温偏差和日照强度 偏差进行随机抽样,将其与地区天气实况数据叠加 模拟导线周围气温及日照强度微气象,并在风况保 守性假设(0.5 m/s垂直于导体)下利用式(7)计算 导线载流量。在达到设定的模拟计算次数后,通过 核密度估计得到时段内架空导线载流量概率密度分 布如图6所示。整体计算耗时约为40 s。





该时段内采用本文方法计算得到的不同分位数 载流量和导线 STR(STR 的气象条件为气温 35 ℃,风 速 0.5 m/s 垂直于导线,日照强度1000 W/m²)以及 架空导线实际载流量(分钟级)的对比如图7所示, 图中0、0.1、0.5为概率值。由图中可见:12:00—13:00 时段内架空导线实际载流量显著高于 STR(650 A) 且在风速的作用下波动性较强;本文方法在风况保 守性假设下得到了总体偏保守的载流量分布(各分 位数),其中,0分位数对应气温偏差和日照强度偏 差抽样均为最不利的情况,此时载流量最保守,0.5 分位数时载流量约为763 A,平均高于 STR 约17%, 1分位数对应气温偏差和日照强度偏差抽样均为最 有利的情况,由于风况的保守性假设,多数情况下载 流量仍明显低于导线实际载流量。





基于每小时更新的地区天气实况数据,利用本 文方法进一步评估该架空导线7月6日全天24h载 流量的分布情况,与导线实际载流量及其小时内最 小值对比如图8所示。通过分析结果可知:0分位数 载流量最为保守,但仍较STR平均提高约19.4%,0.5 分位数载流量较 STR 平均提高 25%,1分位数载流 量较 STR 平均提高 30.7%;由本文方法估计的 0~0.4 分位数载流量均低于实际载流量;1分位数载流量 在 30%的时间中高于实际载流量。本例中为实现 架空导线的保守增容,可考虑选取 0.4以下分位数载 流量作为计算结果,但即使选择最为保守的 0分位 数载流量,仍可有效改善 STR 的保守性。







若在上述计算中以晴朗天气下日照强度理论计 算值代替导线周围日照强度(保守化处理日照强 度),则计算得到架空导线7月6日全天24h载流量 的分布情况与导线实际载流量及其小时内最小值如 图9所示。此时:(1)载流量各分位数估计值较图8 更为保守,但0分位数仍较STR平均提高10.8%,0.5 分位数较STR平均提高17.8%,1分位数较STR平均 提高24.7%;(2)计算得到的载流量0~0.6分位数均 100%低于实际载流量。为实现架空导线的保守增 容,可考虑选取0.6以下分位数载流量作为计算结 果。需要指出的是,当选择统一的固定分位数作为 动态增容结果时,应在充分对比载流量各分位数估 计结果的历史数据与导线实际载流量的历史数据的 基础上,统计不同分位数载流量高于实际载流量的 概率,然后根据运行人员的风险偏好选择固定分位



图9 保守化处理日照强度情况下不同分位数载流量 计算结果与实际载流量对比



数作为导线动态增容结果。

5 结论

本文基于部分气象环境要素具有地区一致性的 特点,提出地区天气实况信息用于架空导线动态增 容的方法。得到如下结论:

(1)本文方法在架空导线风况及日照强度微气 象保守假设的基础上,结合地区气温及日照强度实 况信息,可给出时段内架空导线载流量保守分布情 况,为实现架空导线增容提供依据,可有效改善STR 的保守性;

(2)在根据历史数据学习获得气温偏差和日照 强度偏差概率密度分布的基础上,本文方法可在一 定程度上摆脱对在线监测设备的依赖,便于工程 应用;

(3)基于本文研究思路,可进一步分析地区气象 预报与导线微气象之间偏差的分布规律,实现对载 流量的保守性预测,进而引导电力系统运行人员挖 掘架空导线载流潜力,提高电力系统安全经济运行 水平。

参考文献:

- [1]梁立凯,韩学山,王艳玲,等. 输电线路载荷能力在线定值[J]. 电工技术学报,2013,28(2):279-284.
 LIANG Likai,HAN Xueshan,WANG Yanling, et al. Online valuation of transmission line loadability[J]. Transactions of China Electrotechnical Society,2013,28(2):279-284.
- [2] 王勇,苏大威,霍雪松,等.考虑电网静态安全的输电线路动态 增容系统[J].电力自动化设备,2017,37(2):199-204.
 WANG Yong, SU Dawei, HUO Xuesong, et al. Dynamic transmission line capacity increase system with consideration of static power grid security[J]. Electric Power Automation Equipment,2017,37(2):199-204.
- [3] 王艳玲,严志杰,梁立凯,等. 气象数据驱动的架空线路载流动 态定值分析[J]. 电网技术,2018,42(1):315-321.
 WANG Yanling, YAN Zhijie, LIANG Likai, et al. Dynamic rating analysis of overhead line loadability driven by meteorological data[J]. Power System Technology,2018,42(1):315-321.
- [4] MCELVAIN F R, MULNIX S S. Statistically determined static thermal ratings of overhead high voltage transmission lines in the Rocky Mountain region[J]. IEEE Transactions on Power Systems, 2000, 15(2):899-902.
- [5] DAVIS M W. A new thermal rating approach: the real time thermal rating system for strategic overhead conductor transmission lines: part I: general description and justification of the real time thermal rating system[J]. IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, 1977, 96(3):803-809.
- [6] WONG T, FINDLAY J, MCMURTRIE A. An on-line method for transmission ampacity evaluation[J]. IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, 1982, PAS-101(2): 309-315.
- [7] HENKE R K, SCIACCA S C. Dynamic thermal rating of critical lines-a study of real-time interface requirements[J]. IEEE Computer Applications in Power, 1989, 2(3):46-51.
- [8]张启平,钱之银.输电线路实时动态增容的可行性研究[J].
 电网技术,2005,29(19):18-21.
 ZHANG Qiping,QIAN Zhiyin. Study on real-time dynamic ca-

pacity-increase of transmission line[J]. Power System Technology, 2005, 29(19):18-21.

 [9] 钱之银,张启平.提高华东电网 500 kV 输电线路输送能力的 措施[J].电力设备,2005(10):8-13.
 QIAN Zhiyin, ZHANG Qiping. Improving transmission ability of 500 kV lines in East China power network[J]. Electrical Equipment,2005(10):8-13.

212

- [10] 戴沅,钟卓颖,邓小康,等. 基于弧垂实时测量的电力线路动态 增容方法[J]. 电测与仪表,2015,52(21):68-73.
 DAI Yuan,ZHONG Zhuoying,DENG Xiaokang, et al. Dynamic capacity increase of power line method based on real-time sag measurement[J]. Electrical Measurement & Instrumentation,2015,52(21):68-73.
- [11]汤伟,刘路登,杨可军.基于静态多点校核和在线监测的输电 线路动态增容方法研究与应用[J].电网与清洁能源,2016,32 (6):11-15.

TANG Wei, LIU Ludeng, YANG Kejun. Online monitoring of the transmission line dynamic capacity based on a static multipoint check[J]. Advances of Power System & Hydroelectric Engineering, 2016, 32(6): 11-15.

- [12] 陈芳,查浩,韩学山,等.基于半参数平差模型的输电线路温度 估计[J].电力系统自动化,2015,39(21):81-86,112.
 CHEN Fang,ZHA Hao,HAN Xueshan, et al. Transmission line temperature estimation based on semi-parametric adjustment model[J]. Automation of Electric Power Systems,2015,39(21): 81-86,112.
- [13] 王孟夏,韩学山,孙宏斌. 基于电热协调理论提升电网消纳间 歇式能源发电能力的分析[J]. 电力自动化设备,2013,33(9): 7-12.

WANG Mengxia, HAN Xueshan, SUN Hongbin. Improving intermittent energy accommodation capability of power grid based on electro-thermal coordination theory[J]. Electric Power Automation Equipment, 2013, 33(9):7-12.

[14] WANG Yanling, YANG Ming, LIANG Likai, et al. Analysis on the DTR of transmission lines to improve the utilization of wind power[C] //IEEE Industry Applications Society Annual Meeting(IAS). Portland, OR, USA: IEEE, 2018:1-9.

- [15] DONG X M, KANG C Q, ZHANG N, et al. Estimating lifecycle energy payback ratio of overhead transmission line toward low carbon development[J]. Journal of Modern Power Systems and Clean Energy, 2015, 3(1):123-130.
- [16] IEEE. IEEE standard for calculating the current-temperature relationship of bare overhead conductors: IEEE Standard 738-2012[S]. New York, USA: IEEE, 2006.
- [17] 中华人民共和国住房和城乡建设部.110 kV~750 kV架空输电 线路设计规范:GB 50545-2010[S].北京:中国计划出版社, 2010.
- [18] 甘迪,柯德平,孙元章,等.考虑爬坡特性的短期风电功率概率 预测[J].电力自动化设备,2016,36(4):145-150.
 GAN Di,KE Deping,SUN Yuanzhang, et al. Short-term probabilistic wind power forecast considering ramp characteristics[J].
 Electric Power Automation Equipment,2016,36(4):145-150.
- [19] 赵书强,胡利宁,田捷夫,等. 基于中长期风电光伏预测的多能 源电力系统合约电量分解模型[J]. 电力自动化设备,2019,39 (11):13-19.
 - ZHAO Shuqiang, HU Lining, TIAN Jiefu, et al. Contract power decomposition model of multi-energy power system based on mid-long term wind power and photovoltaic electricity forecasting [J]. Electric Power Automation Equipment, 2019, 39 (11):13-19.

作者简介:



付善强(1995—),男,山东济宁人,工 程师,硕士,主要研究方向为电力系统分析 与控制(**E-mail**:103038430@qq.com);

蔡富东(1975—),男,山东淄博人,博 士,主要研究方向为输电元件在线监测与状 态评价(**E-mail**:cfd@senter.com.cn);

王孟夏(1983—),男,黑龙江佳木斯 人,讲师,博士,主要研究方向电力系统优化 运行(**E-mail**:wangmx@sdu.edu.cn)。

(编辑 王锦秀)

Dynamic capacity increase method of overhead line using practical regional weather data

FU Shanqiang¹, CAI Fudong², WANG Mengxia¹, JIN Xu¹, ZHANG Qiang³, HAN Xueshan¹ (1. Key Laboratory of Power System Intelligent Dispatch and Control, Ministry of Education,

Shandong University, Jinan 250061, China; 2. Shandong Senter Electronic Co., Ltd., Zibo 255088, China;

3. Shandong Electric Power Dispatching and Control Center, Jinan 250001, China)

Abstract: The ampacity of overhead line is related to meteorological conditions, and it is of great significance to realize dynamic evaluation of the ampacity of overhead line for fully using the line transfer capability and improving the security and economic performance of power system. On the basis of regional consistency characteristic of partial meteorological factors, with the micrometeorological data of overhead line and the live hourly regional weather data, the correlation and deviation distribution between these two datasets in air temperature and solar radiation are analyzed, and a dynamic capacity increase method for overhead line in regional power system using the live regional weather data is proposed. Case results show that the proposed method can obtain conservative ampacity and quantile, which improves the conversation of traditional static thermal rating in a certain extent.

Key words: electric power systems; regional weather; transmission line; regional power grid; dynamic capacity increase