

考虑电网静态安全的输电线路动态增容系统

王 勇¹, 苏大威², 霍雪松², 张 明³, 冯树海¹, 刘 俊¹

(1. 中国电力科学研究院, 江苏 南京 210003; 2. 国网江苏省电力公司, 江苏 南京 210024;
3. 国网江苏省电力公司南京供电公司, 江苏 南京 210019)

摘要: 针对电网调控的特点和需求, 将动态增容技术从设备分析层面提升到电网分析层面, 提出了动态增容在电网调控系统中应用的总体实施方案和功能模块设计。首先分析了调控系统中动态增容的应用原则, 在此基础上提出了动态增容系统的总体架构、功能模块、接口设计和硬件结构; 然后对系统的数据接入与处理、线路和输电断面动态限值计算、增容过程安全评估、电网增容预测分析等关键技术进行了阐述; 最后介绍了该系统在南京地区的应用, 基于电网实际运行数据对系统应用效果进行了分析。

关键词: 动态增容; 调控系统; 电网静态安全; 输电断面动态功率限额; 增容预测; 安全评估

中图分类号: TM 726

文献标识码: A

DOI: 10.16081/j.issn.1006-6047.2017.02.030

0 引言

动态增容技术^[1-2]在不突破现有安全规程的前提下, 通过实时采集数据来计算线路当前时刻的动态载流量, 充分利用输电线路客观存在的隐性容量, 能够在负荷高峰时段带来显著的经济效益, 具有良好的应用前景^[3-6]。文献[7]通过耐张段张力和微气象数据来确定导线平均温度和线路最大允许电流。文献[8]对载流量的影响因素进行分析, 阐述了架空线路动态增容系统的安全判据和系统构成。文献[9]建立动态增容的数学模型, 从调度系统获取线路实时运行数据进行线路增容分析和监控。

目前对于动态增容的研究大多是基于输变电设备状态监测系统, 对单个输电线路进行分析, 研究的范围主要集中在数据采集和计算方面。由于不具备完整的电网模型和运行方式, 其仅能通过从调度系统远程获取实时运行数据来监控单条线路的安全, 缺乏对电网安全的分析。而实际电网调度运行中, 不仅需要考虑单个设备的安全, 还需要保证整个电网运行时的静态安全, 这使得传统的基于设备层面的动态增容计算结果在实际调度应用时的准确性和可信度都受到一定影响。

本文从实际调度运行的角度出发, 针对电网调控的特点, 提出了动态增容技术在电网调控系统的总体实施方案、框架设计和应用功能。将原本各自独立的装置数据接入调控系统进行统一建模与管理, 对输电线路动态载流量及电网断面动态功率限额进

行实时计算与监控, 利用调控系统在电网模型和运行数据方面的优势, 整合调控系统高级应用软件的核心模块, 对动态增容过程中的设备安全和电网安全进行综合评估, 并对未来一段时间电网增容的必要性和可行性进行预测。设计研发的动态增容系统已在南京地区智能电网调度控制系统(D5000)中投入实际应用, 为电网迎峰度夏提供了有力的技术支撑。

1 总体设计

1.1 应用原则

电网调控的首要任务是保证电网运行的安全, 因此, 与传统基于输变电设备状态监测系统的动态增容技术相比, 电网调控系统的动态增容在总体目标、监控范围、计算方法 3 个方面都存在一定差异, 具体如表 1 所示。

表 1 动态增容的应用原则

Table 1 Application principles of dynamic capacity increase

对象	动态增容技术	
	输变电设备状态监测系统动态增容	调控系统动态增容
总体目标	以充分挖掘线路的输电潜能为目标	在保障电网安全的前提下, 适度提升线路和断面的输电能力
监控范围	仅监控增容过程中输电线路的运行安全	不仅监控输电线路安全, 还需要监控断面功率和电网静态安全
计算方法	以装置为单位独立计算, 取较小者作为线路载流量, 计算结果偏乐观	对线路进行综合辨识, 每种数据类型均取保守值参与计算, 计算结果偏保守

1.2 系统架构

基于上述应用原则, 电网调控动态增容系统总体架构如图 1 所示。

动态增容系统部署在地区调度系统的安全Ⅱ区, 总体包括数据处理、实时计算、增容分析和图形可视化展示 4 个模块。通过数据交互接口从输变电设备状态监测系统中获取装置采集数据, 基于本地

收稿日期: 2016-01-21; 修回日期: 2016-09-21

基金项目: 国家电网公司科技项目(城市核心区输电线路输电能力提升关键技术研究)

Project supported by the Science and Technology Project of State Grid Corporation Company(Research on Key Technologies of Transfer Capability Improvement for Transmission Line in Urban Core District)

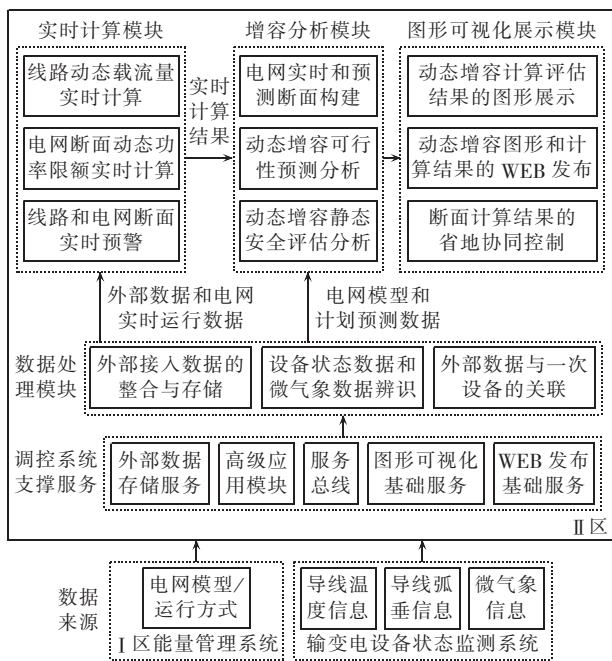


图 1 系统总体架构
Fig.1 Overall structure of system

服务总线接口从安全 I 区获取电网模型和实时运行方式数据,基于远程服务总线接口从上级调度获取发电计划和负荷预报数据用于生成电网预测断面。

数据处理模块对从外部接收到的设备状态数据和微气象数据进行整合,并建立数据与电网设备的映射,利用同一设备多个采样数据的关联关系对数据进行辨识,识别并修正错误数据,提高数据准确性;从线路多个装置采集数据中,依据数据类型对载流量的影响确定一组完整的计算数据用于计算。

实时计算模块根据辨识后的线路参数实时计算线路的动态载流量,计算结果为后续的断面计算、增容预测和电网安全评估提供基础数据;根据系统稳定断面定义,对包含动态增容线路的稳定断面进行动态功率限额实时分析计算,为电网调控提供数据支撑。同时对线路电流、导线温度、断面功率限额等关键数据进行实时监控,发现重载或者越限时及时给出预警信息。

增容分析模块包括电网静态安全评估和增容预测 2 个部分。首先从 I 区获取模型和方式数据构建电网实时断面,并在此基础上叠加从上级调度获取到的发电计划和负荷预测数据,生成多时段电网预测断面。基于电网实时断面和线路载流量计算结果进行增容过程的电网静态安全实时评估;基于多时段电网预测断面和载流量实时计算结果进行未来一段时间内电网增容分析,给出电网需增容时段以及对应的增容线路和可增容量。

图形可视化展示模块基于基础平台的图形功能对动态增容实时计算、评估预测的结果进行可视化

展示;基于 WEB 基础服务对动态增容画面和功能进行发布,省地均可通过 III 区 WEB 客户端登录进行查看。为使省地能够进行动态增容协同调控,将地调动态增容系统关键计算数据通过调度数据网的数据转发方式上送到省调控系统中,为省调调控人员提供参考。

1.3 硬件结构

动态增容基于 D5000 调控系统建设,在现有硬件和功能模块上进行扩展。动态增容系统的典型硬件配置如图 2 所示。动态增容可配置独立的应用服务器,也可与 II 区其他应用共用服务器。外部数据接入 III 区,并经由反向隔离装置传送到 II 区,只需在外网到 III 区、III 区到 II 区的反向隔离装置上配置开通相应的端口。II 区需要通过服务总线从 I 区获取电网模型和实时数据,只需在 I、II 区防火墙中开通相应服务程序的端口。

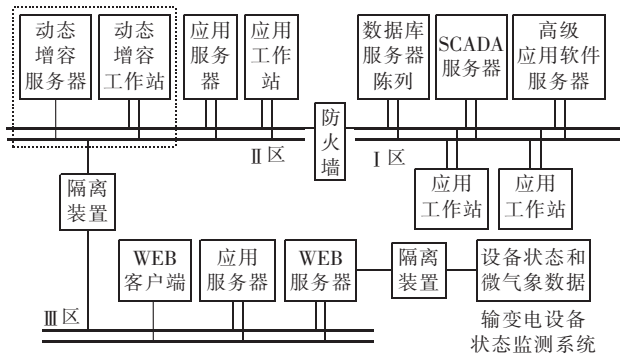


图 2 系统硬件结构
Fig.2 Hardware structure of system

2 关键技术

2.1 外部数据接入

设备状态和微气象采集数据首先接入输变电设备状态监测系统。数据从输变电设备状态监测系统中周期性地以文件方式导出并上送到调控系统中,经接收解析后存入数据库。

2.1.1 接入数据类型和周期

目前输电线路数据监测装置主要包括导线温度监测、微气象监测、导线弧垂监测、杆塔倾斜监测、污秽监测装置等。动态增容系统中接入的主要数据类型如表 2 所示。

表 2 接入的数据类型和周期
Table 2 Data types and acquisition period

监测装置类型	数据类型	采集周期	用途
导线温度	线温 1、线温 2	1 min	监控导线温度变化情况
导线弧垂	弧垂、对地距离	1 min	监控导线弧垂变化情况
微气象	环境温度、日照强度、 10 min 平均风速、 10 min 平均风向	1 min	计算线路动态载流量

输变电设备状态监测系统要求的装置采集周期通常为 10 min,当电网发生线路故障造成潮流大量转移时,导线温度将在较短时间内迅速上升,无法满足电网调控实时性要求。综合考虑装置的性能、设备监控实时性要求,并结合目前调控系统静态安全分析的计算周期,经工程试验选取,将装置的采集周期缩短为 1 min,同时相应调整数据转发和处理周期。

2.1.2 数据接入方式

数据接入的总体流程如图 3 所示。在输变电设备状态监测系统部署后台程序,以 1 min 为一个周期从数据库中最新装置采集数据导出成 E 格式文件,文件名与文件内容均包含数据采集时标,每个装置对应一条数据记录。文件以 FTP 方式推送到调控系统Ⅲ区 WEB 服务器的指定目录下,经由反向隔离装置传送到Ⅱ区动态增容服务器对应目录下。动态增容服务器上部署常驻文件接口程序,对文件进行检测、解析,写入实时数据库,同时调用触发式采样接口将数据写入历史数据库。

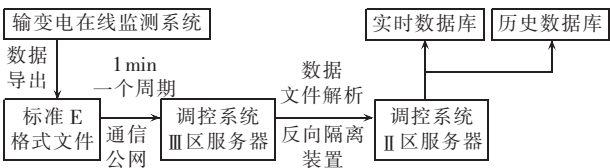


图 3 数据接入流程图
Fig.3 Flowchart of data collection

2.2 数据处理与辨识

对统一接入调控系统的外部数据进行处理与辨识,包括缺失数据补充、风向角转换、异常数据修正等,具体包括以下方面。

- a. 当导线温度、环境温度单个量测数据缺失时,利用这些数据缓慢变化的特性,以历史采样数据的移动平均值来进行补充。以导线温度为例,设装置数据时刻 n 的数据 x_n 缺失,从历史数据库中取出这个装置数据的前 10 个采样值 $x_{n-1}, x_{n-2}, \dots, x_{n-10}$, 计算其平均值 $\bar{x}_n = (x_{n-1} + x_{n-2} + \dots + x_{n-10}) / 10$, 将其作为该装置数据时刻 n 的采集数据。
- b. 装置采集的风向角以正北方向为基值,需转换成与导线走向的夹角。首先对线路杆塔进行建模,维护其与前后杆塔的角度(以正北方向为基准),并维护装置与杆塔的隶属关系。接收到风向角数据后,根据装置对应的杆塔模型计算风向与前后导线的相对夹角(转换成锐角),最后选择正弦值^[10]较小的角度作为最终的风向角数据。
- c. 以线路为单位,将装置数据按类型进行整合。以导线温度数据类型为例,假设线路 i 有 M 个温度监测装置,则整合得到一组 M 个导线温度数据。对这组数据采用平均值偏离法对其中的异常数据进行剔

除。首先计算 M 个数据的平均值,并设定偏离阈值(如 20%),当某个数据偏离平均值达到阈值时,将该数据从组中剔除,每次剔除 1 个数据,重复该步骤,直到组中没有异常数据,共剔除 k 个数据。

经过数据辨识处理后,每种数据类型有 $M-k$ 个数据,根据每种数据类型对导线载流量的贡献,分别选择使载流量和设备状态最保守的数值,作为线路 i 数据辨识的最终结果。各种数据类型的取值原则如表 3 所示。

表 3 不同数据类型的取值原则
Table 3 Principle of data fetching for different data types

数据类型	取值原则
导线温度、日照强度、弧垂、环境温度	取最大值
对地距离	取最小值
风速、风向	风速、风向需成对考虑,选取使热稳定平衡方程中对流量最小的数据对;若对流量计算结果小于边界值,则取边界值对应的数据对(风速 0.5 m/s,风向 90°)

2.3 输电线路动态载流量计算

经过数据处理辨识,每条动态增容线路形成一组完整的计算和监控数据。根据导线热稳定平衡方程分别计算导线允许温度为 70℃ 和 80℃ 时对应的动态载流量^[11]。其中,70℃ 对应了电网正常运行条件下的线路电流限值,用于正常情况下的线路安全监控以及动态增容预测分析;80℃ 则对应了电网故障状态下的线路电流限值,用于计算电网断面动态功率限额以及增容过程中 $N-1$ 静态安全评估。

按照本文数据处理方法计算出来的线路动态载流量结果是偏保守的,充分考虑了调控系统对于安全的要求。在实际工程应用中,调控人员对线路动态载流量按照当日的计算极小值进行控制。

2.4 电网断面动态功率限额计算

电网断面监控是调控运行的主要手段,断面功率限额通常按断面组中线路发生 $N-1$ 故障时,其他线路不越故障电流限值的情况来考虑。受制于断面限额,断面集合中的线路在正常运行时通常无法达到其静态电流限值,因此,仅计算线路的动态载流量在调控中并没有实际意义,需对增容线路所属的断面动态功率限额进行计算。

基于线路动态故障载流量计算结果(对应导线允许温度为 80℃ 的载流量)进行断面功率动态限额计算。设断面第 i 条线路的动态故障电流载流量为 $I_{f,i}(i \in S_k)$,其中 S_k 为断面 k 的输电线路集合。若该线路不具备动态增容条件,则 $I_{f,i}$ 直接取静态故障电流限值。取 $I_{f,i}(i \in S_k)$ 中的最小值 $I_{f,\min}$ 作为基准值,按 $P = (\sqrt{3} U_N I_{f,\min} \cos \varphi) / w$ 将电流折算成断面功率,其中 U_N 为额定电压(kV), $\cos \varphi$ 为功率因数, w

为断面潮流转移比^[12]。

2.5 增容过程的电网静态安全评估

通过断面动态功率限额的计算能有效监控增容过程中重要断面的安全,但监控范围仍无法涵盖电网中的非断面线路。为保证增容过程中全网的静态安全,需要对增容过程的电网静态安全进行实时评估和监控。

从 I 区状态估计应用中获取电网模型和实时运行方式构建电网实时分析断面,对于动态增容线路,使用实时计算的线路动态故障电流限值替代数据库中线路故障静态电流限值,采用计及安全自动装置的电网静态安全分析方法^[13]对电网静态安全进行分析。如果不出现线路或断面越限情况,则此时增容过程是满足电网静态安全的。动态增容电网静态安全评估计算周期为 1 min。

2.6 动态增容预测分析

将动态增容的时间尺度由实时层面扩展到预测层面,为调控人员的操作决策提供理论指导。动态增容预测包括 2 个部分:电网正常运行情况下,对未来一段时间增容必要性和可行性进行分析;电网发生 N-1 故障造成线路电流突变情况下,预测线路达到极限温度所需的时间。

2.6.1 线路和断面运行风险预测

每 15 min 为一个周期,滚动构建未来 1 h 的 4 个电网预测断面,基于潮流计算分析各时段可能出现的线路电流和电网稳定断面越限风险。从外部气象系统中获取气象预报信息并存入实时库中,根据预测时段从库中取出对应的微气象预测值,计算该时段线路的预测载流量。如果实际系统中不具备获取外部预测数据的条件,考虑到微气象条件在短期内缓慢变化的特征,直接采用装置实测值来替代气象预测值进行线路预测载流量的计算。基于各时段线路预测载流量计算结果,判断线路或断面功率是否能够消除对应时段的越限风险。

预测断面采用实时电网断面叠加预测时段发电计划数据、负荷预测数据、检修计划数据的方式构建。主要包括以下几个步骤:

a. 基于本地服务总线从 I 区状态估计应用中获取电网模型和实时运行方式构建电网实时断面作为 4 个预测断面的基态断面;

b. 基于 D5000 远程服务总线从省调系统获取日前发电计划、超短期负荷预测、检修计划数据并解析写入本地实时库;

c. 从计划和预测数据中抽取对应预测时段的数据,根据省地调控系统设备建立的映射关系,将解析到的设备数据叠加到基态断面中。

2.6.2 故障状态下导线温升趋势预测

电网故障导致潮流转移,造成线路电流发生突

变时,线路的热稳定平衡关系被打破,导线温度将迅速攀升,调控人员需要了解导线温度到达允许温度(正常限值 70℃,故障限值 80℃)的大致时间,为事故处理提供支持。

基于输电线路暂态热稳定方程进行导线温升趋势分析。系统设置线路电流突变门槛值,正常情况下线路电流变化不触发分析计算。发生线路电流突变时,采集当前的微气象条件、导线初始温度、突变前电流、突变后电流数据作为输入,基于四阶龙格库塔对暂态热稳定微分方程进行分析求解,得到每个计算步长的导线温度 and 对应时间及导线最终的稳定温度和所需时间。将关键分析结果推送给调控人员,主要包括导线的最终稳定温度、导线温度达到 70℃所需的时间、导线温度达到 80℃所需的时间等。

2.7 动态增容省地协同控制

动态增容数据处理、分析计算等相关功能都在地调调控系统中进行,而电网实际调控权是在省调,实际工程应用中省调需要实时获取地调动态增容相关计算结果作为调控操作依据。动态增容的省地协同控制主要从以下几个方面进行。

a. 将动态增容系统相关数据库结构、画面、计算结果等实时同步到Ⅲ区 WEB 服务器,基于 D5000 的 WEB 发布服务进行对外发布,地调、省调均可通过Ⅲ区 WEB 客户端对动态增容的实时分析计算结果进行查看。

b. 基于 D5000 的远程调阅功能,省调 D5000 系统 I 区、Ⅱ区都可以直接调阅地调的动态增容画面,实时查看动态增容各模块功能和计算结果。

c. 将动态增容核心计算结果,包括输电线路动态载流量、电网断面动态功率限额、对应的日最小值等,通过 D5000 数据转发的方式,实时转发到省调 D5000 系统 I 区,并解析写入对应的数据库;在省调对应的线路和断面监控画面上增加动态增容实时计算结果的展示,实现地调动态增容计算结果与省调调控系统的嵌入与融合。

3 工程应用

3.1 系统运行情况

基于上述设计方案,研发了基于电网调控的输电线路动态增容系统,并已成功应用于南京地区 D5000 系统中。

选取南京下晓、晓中双线进行示范运行,双线构成一组稳定断面,是南京西环网重要的输电通道。导线和输电断面的基本参数如表 4 所示。双线共装设了 20 套监测装置,与动态增容相关的装置具体如表 5 所示。

装置采集数据经由输变电设备状态监测系统全

表 4 导线和输电断面的基本参数

Table 4 Parameters of transmission line and section

导线类型	正常电流 上限/A	故障电流 上限/A	断面功率 限额/MW
2×LGJ400/35	1154	1349	650

表 5 线路监测装置的装设情况

Table 5 Installation of line monitoring devices

线路	装置类型	数量	线路	装置类型	数量
晓中	微气象	2	下晓	微气象	1
	导线温度	1		导线温度	4
	导线弧垂	6		导线弧垂	3

部接入南京 D5000 系统,采集和接入周期均为 1 min。

2015 年夏季负荷高峰期间,在已提前进行负荷转移的情况下,该断面仍有 5 d 高峰时段的断面功率越过了静态功率限额,处于增容运行状态。动态增容系统依据实时微气象条件,很好地给出了对应的断面动态功率限额,并对增容过程的电网静态安全实时评估,为电网调控操作提供了有力的技术支撑。

3.2 运行实例分析

在输变电设备状态监测系统和调控系统均部署了动态增容,对线路的动态载流量进行实时计算。选取夏季高峰时段 8 月 2 日至 8 月 4 日下晓线实际运行数据,对 2 套系统的线路动态载流量计算结果进行分析,结果如图 4 所示。其中输变电设备状态监测系统的计算周期为 10 min,调控系统的计算周期为 1 min。

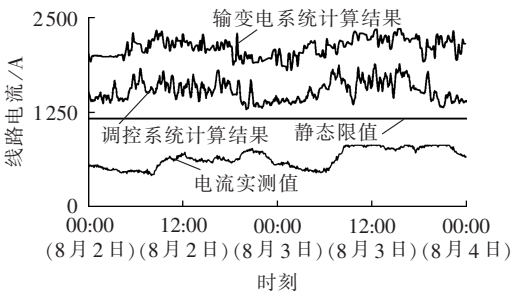


图 4 线路载流量计算结果对比

Fig.4 Comparison of calculative line current carrying capacity

输变电设备状态监测系统以导线允许温度为 80 ℃ 进行计算,调控系统以导线允许温度为 70 ℃ 进行计算;输变电设备状态监测系统以微气象装置为单位独立计算,并取结果较小值作为计算结果,调控系统根据数据类型从所有微气象装置中选取保守值参与载流量计算。从计算结果可以看出,输变电设备状态监测系统计算结果偏乐观,调控系统计算结果则偏保守,2 套系统计算结果的总体趋势基本一致。线路动态载流量极小值约为 1270 A,计算结果表明,相比电流静态限值 1154 A,线路在夏季最严酷的气象条件下,即使按载流量极小值进行控制,线

路仍有约 10% 的增容空间。

调控系统动态增容根据线路动态载流量对断面的动态功率限额进行实时计算。以 8 月 5 日高峰时段 12:00—14:00 电网实际运行数据为例,断面运行曲线如图 5 所示。当日负荷高峰时段 2 h,在无有效调节手段的情况下,断面共计有 53 min 越过断面静态限值,处于增容状态,增容时间接近 50%,断面实测最大功率约为 670 MW。根据实时微气象条件计算的断面动态功率限额结果,该时段电网断面功率最小值约 710 MW,即使全时段按照极小值进行断面功率控制,系统仍有较大的增容空间,且根据动态增容电网静态安全实时评估结果,电网运行满足静态安全要求。

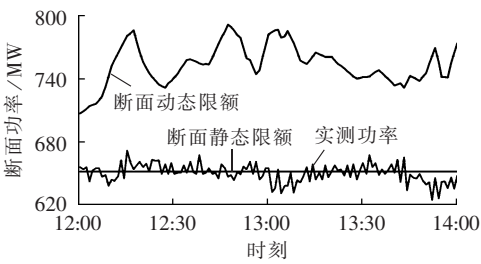


图 5 电网断面运行曲线

Fig.5 Operating curves of grid section

4 结论

传统基于输变电设备状态监测系统的动态增容系统主要针对单个设备进行分析,受电网模型和运行方式的制约,无法从全局角度进行增容分析,其局限性主要表现在:无法分析增容过程中电网的静态安全;没有从调控安全的角度出发,增容计算结果偏乐观,增加了相应的调控风险。本文从调控系统出发,将装置数据接入调控系统并进行整合辨识,基于整个电网进行动态增容实时计算、安全评估和增容预测。本文建立的动态增容系统立足于电网层面,针对电网调控的特点和需求,克服传统动态增容技术适用局限性,有效推进动态增容在电网调控的实用化水平。

参考文献:

[1] 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(10):18-21.
ZHANG Qiping,QIAN Zhiyin. Study on real-time dynamic capacity-increase of transmission line[J]. Power System Technology,2005,29(10):18-21.

[2] SEPPA T O. A practical approach for increasing the thermal capabilities of transmission lines[J]. IEEE Transactions on Power Delivery,1993,8(3):1536-1542.

[3] 罗钢,石东源,陈金富. 基于参数化潮流模型的可用输电能力改进算法[J]. 电力自动化设备,2014,34(4):19-25.
LUO Gang,SHI Dongyuan,CHEN Jinfu. Improved available

- transmission capability algorithm based on parameterized power flow model[J]. Electric Power Automation Equipment, 2014, 34(4): 19-25.
- [4] 何娜, 刘瑞叶, 徐殿国. UPFC 模糊控制器设计及其在市场环境下应用[J]. 电力自动化设备, 2008, 28(3): 107-110.
HE Na, LIU Ruiye, XU Dianguo. Design of UPFC fuzzy controller and its application in power market[J]. Electric Power Automation Equipment, 2008, 28(3): 107-110.
- [5] 吴云亮, 沈阳武, 林超, 等. 基于多元非线性回归模型的环型中压配电网最大供电能力评估方法[J]. 电力自动化设备, 2013, 33(12): 7-13.
WU Yunliang, SHEN Yangwu, LIN Chao, et al. Maximum power supply capability evaluation based on multivariate nonlinear regression model for medium-voltage loop distribution network[J]. Electric Power Automation Equipment, 2013, 33(12): 7-13.
- [6] 李国庆, 孙银峰, 王利猛. 基于内点法考虑风电渗透率的区域间可用输电能力研究[J]. 电力自动化设备, 2014, 34(3): 1-8.
LI Guoqing, SUN Yinfeng, WANG Limeng. Interregional available transfer capability research based on interior point method with consideration of wind power penetration level[J]. Electric Power Automation Equipment, 2014, 34(3): 1-8.
- [7] 毛先胤, 盛戈皞, 徐晓刚, 等. 基于张力监测的输电线路动态增容系统在广东电网的应用[J]. 广东电力, 2011, 24(12): 80-84.
MAO Xianyin, SHENG Gehao, XU Xiaogang, et al. Application of dynamic line rating system based on tension monitoring in Guangdong Power Grid[J]. Guangdong Electric Power, 2011, 24(12): 80-84.
- [8] 张成巍, 邱烜. 架空线路动态增容技术研究[J]. 广东电力, 2012, 25(2): 57-61.
ZHANG Chengwei, QIU Xuan. Study on dynamic capacity-increase for overhead lines[J]. Guangdong Electric Power, 2012, 25(2): 57-61.
- [9] 凌平, 金珩, 钱之银. 提高输电线路输送容量动态监测增容技术的研究[J]. 中国电力, 2007, 40(1): 44-47.
LING Ping, JIN Heng, QIAN Zhiyin. Research on improving the transmitting capacity of transmission line based on dynamic monitoring[J]. Electric Power, 2007, 40(1): 44-47.
- [10] 戈东方, 钟大文. 电力工程电气设计手册(电气一次部分)[M]. 北京: 水利电力出版社, 1989: 439-442.
- [11] 中华人民共和国国家经济贸易委员会. 110~500 kV 架空送电线路设计技术规程: DL/T 5092—1999[S]. 北京: 中国电力出版社, 1999.
- [12] 陈祚, 郭瑞鹏, 叶琳, 等. 电网断面热稳定限额计算模型及方法[J]. 电力系统自动化, 2012, 36(17): 20-24.
CHEN Yi, GUO Ruipeng, YE Lin, et al. Calculation model and method for thermal stability control limit to transmission interfaces in a power grid[J]. Automation of Electric Power Systems, 2012, 36(17): 20-24.
- [13] 汤必强, 李峰, 於益军, 等. 计及自动装置模拟的大电网在线静态安全分析[J]. 电力系统自动化, 2011, 35(14): 107-111.
TANG Biqiang, LI Feng, YU Yijun, et al. Online static security analysis considering automatic device simulation for large power systems[J]. Automation of Electric Power Systems, 2011, 35(14): 107-111.

作者简介:



王 勇

王 勇(1979—), 男, 江西宜丰人, 高级工程师, 硕士, 从事电力系统分析与仿真方面的研究(E-mail: wangyong5@epri.sgcc.com.cn);

苏大威(1972—), 男, 江苏无锡人, 高级工程师, 硕士, 从事电网调控运行管理方面的工作;

霍雪松(1976—), 男, 河南周口人, 高级工程师, 硕士, 从事电网调度自动化及运行管理方面的工作。

Dynamic transmission line capacity increase system with consideration of static power grid security

WANG Yong¹, SU Dawei², HUO Xuesong², ZHANG Ming³, FENG Shuhai¹, LIU Jun¹

(1. China Electric Power Research Institute, Nanjing 210003, China; 2. State Grid Jiangsu Electric Power Company, Nanjing 210024, China; 3. State Grid Jiangsu Nanjing Power Supply Company, Nanjing 210019, China)

Abstract: According to the features and demands of power grid dispatch and control, an overall implementation scheme together with the function module designs are proposed for the application of dynamic capacity increase technology in the power grid dispatch and control system, which promotes it from the device analysis level to the grid analysis level. Its application principles are analyzed and the overall framework, function modules, interface design and hardware structure of the dynamic capacity increase system are proposed. The key technologies of the proposed system are described in detail, such as data accessing and processing, dynamic limit calculation of transmission lines and sections, security evaluation of capacity increase process, capacity increase prediction, etc., its application in Nanjing Power Grid is introduced and its effect is analyzed based on the actual grid operating data.

Key words: dynamic capacity increase; dispatch and control system; static power grid security; dynamic power limit of transmission section; capacity-increase prediction; security assessment