

# 基于多源数据集成的输变电全景信息 遥控可视化监视方法

刘华喜<sup>†</sup>, 丁倩

(国网安徽省电力有限公司六安供电公司, 安徽 六安 237000)

**摘 要:**由于输变电系统数据来源多样,无法充分挖掘不同数据源之间的关联性,导致电压、电流负载量监测效果差。为此,引入多源数据集成技术,通过及时更新权值以适应数据变化,计算多源自适应集成权值,提升输变电全景信息遥控可视化监视效果。构建输变电全景信息的数据模式与本体关系,通过多源自适应集成权值充分挖掘不同数据源之间的关联性;根据数据的变化情况自动调整权值,实现输变电全景信息的多源数据集成处理;构建输变电全景信息实施可视化模型,联合电力遥控损失函数,计算电力监视的风险权重,完成输变电全景信息遥控可视化监视方法的设计,有效提升电压、电流负载量监测效果。实验结果表明,上述方法可以有效监视输变电全景信息,实现对电压、电流负载量的控制,解决因电量等级过高造成的电力主机无法遥控网络体系的问题。

**关键词:**多源数据集成;输变电全景信息;遥控监视;数据相似度;损失函数;风险权重

**中图分类号:**TP271

**文献标识码:**A

## Visual Monitoring Method for Transmission and Transformation Panoramic Information Remote Control Based on Multi Source Data Integration

LIU Huaxi<sup>†</sup>, DING Qian

(State Grid Lu'an Electric Power Supply Company, Lu'an, Anhui 237000, China)

**Abstract:** Due to the diverse sources of data in power transmission and transformation systems, it is not possible to fully explore the correlation between different data sources, resulting in poor monitoring effectiveness of voltage and current load. Therefore, this article introduces multi-source data integration technology, which timely updates weights to adapt to data changes, calculates multi-source adaptive integration weights, and improves the visual monitoring effect of transmission and transformation panoramic information remote control. Construct a data pattern and ontology relationship for panoramic information of power transmission and transformation, and fully explore the correlation between different data sources through multi-source adaptive integration of weights; Automatically adjust weights based on changes in data to achieve multi-source data integration processing of transmission and transformation panoramic information; Construct a visualization model for the implementation of transmission and transformation panoramic information, combine it with the power remote control loss function, calculate the risk weight of power monitoring, and complete the design of the transmission and transformation panoramic information remote control visualization monitoring method, effectively improving the monitoring effect of voltage and current load. The experimental results show that the application of the above method can effectively monitor the panoramic information of power transmission and transformation, achieve control of voltage and current load, and solve the problem of power hosts being unable to remotely control the network system due to high power levels.

收稿日期:2024-03-26

基金项目:国网六安供电公司科技项目(B312N023000A)

作者简介:刘华喜(1986—),男,安徽六安人,本科,高级工程师,研究方向:新一代变电站集中监控系统运行管理和信息系统数据分析。

<sup>†</sup> 通信联系人, E-mail: zdqze90@163.com

**Key words:** multi-source data integration; panoramic information of power transmission and transformation; remote monitoring; data similarity; loss function; risk weighting

输变电技术通过变电的方式来降低电压,从而满足目标电器对于电力信号的负荷需求<sup>[1]</sup>。输变电运行涉及电网调度、设备维护等多个方面。

在实际应用过程中,可以通过监视输变电全景信息的方式,达到调控负载电压与电流的目的。李一鹏等<sup>[2]</sup>提出了基于极限学习机的信息辨识方法,对历史输变电信息进行分析,利用极限学习方法确定主站端时序调度数据顺序,以提升负荷信息的正确性。但该方法电力信息监测结果较为局限,不满足全域化查询输变电信息的应用需求。王周虹等<sup>[3]</sup>提出了基于全通信链路的监测方法,建立全通信链路数据监测模型,以实现对输变电网络的可视化调度。但在输变电过程中,网络体系内的电力负载信息始终保持变化状态,使得该方法所测定结果的准确性无法得到保障。Zhao 等<sup>[4]</sup>提出了基于工业物联网的输变电设备状态监测技术,通过调节多个传感器设备的数据融合误差,利用深度学习模型校正参数取值,确定输变电设备的状态,但数据容易受到外界环境干扰,使负载电压与电流错误协调,导致电力信号监视结果不准确。

为此,根据输变电全景信息控制电压与电流的负载情况,设计基于多源数据集成的输变电全景信息遥控可视化监视方法。通过对不同数据进行整合,以构建一个能够反映出多源数据全貌的、新的数据集,通过及时更新权值以适应数据变化,计算多源自适应集成权值,提升输变电全景信息遥控可视化监视效果,该项技术手段能够克服多源异构性、数据冲突、数据完整性等问题<sup>[5]</sup>。

1 输变电全景信息的多源数据融合

为充分挖掘不同数据源之间的关联性,提升电压、电流负载量监测效果,引入多源数据集成技术,构建输变电全景信息的数据模式与本体关系,通过多源自适应集成权值充分挖掘不同数据源之间的关联性,确定输变电数据相似度,根据各数据源的质量、可靠性、相关性等因素,动态地为每个数据源分配一个权重值,实现多源数据融合。

1.1 输变电全景信息的数据模式与本体构建

在输变电网络中,数据模式是对数据结构的定义和描述,它确定了数据的组织方式、关系以及约束条件。本体则是对全景信息的概念化描述,它包含了输变电体系的基本概念、关系以及规则<sup>[6]</sup>。

规定  $\alpha$  表示输变电全景信息命名参量,  $q_\alpha$  表示数据模式结构,  $w_\alpha$  表示本体结构,其定义式如下:

$$\begin{cases} q_\alpha = \frac{1}{\alpha^2} \sum_{\delta=1}^{+\infty} \beta \times \tilde{E} \\ w_\alpha = \beta(\delta \cdot \alpha) \end{cases} \quad (1)$$

式中,  $\delta$  表示输变电全景信息的描述参数,  $\beta$  表示全景信息的结构模式定义项,  $\tilde{E}$  表示基于输变电规则的全景信息向量。

在式(1)的基础上,可将输变电全景信息数据模式与本体之间的定义关系表示为:

$$R_\alpha = \frac{|\omega_\alpha - q_\alpha|^2}{\min \chi \times (\alpha + 1)^2 \times e} \quad (2)$$

式中,  $\chi$  表示输变电全景信息的模型映射系数,  $e$  表示数据样本转换向量。通过构建输变电全景信息数据模式与本体之间的转换关系,可以实现对输变电信号的统一描述和表达,以便确定输变电数据相似度。

1.2 输变电数据相似度确定

通过构建的输变电全景信息的数据模式与本体关系,得到标准化处理后的输变电信号,在统一格式下计算输变电数据相似度。

输变电全景信息的数据相似度是指不同数据源或不同时间点的输变电数据在内容、结构或特征上的接近程度。要评估输变电全景信息的数据相似度,首先需要明确相似度的度量标准。对于输变电全景信息相似度度量标准的定义参考如下表达式:

$$Y = \frac{1}{1 + \sqrt{\sum_{\epsilon \rightarrow \infty} \varphi R_\alpha}} + \dot{Q} |\Delta T| \quad (3)$$

式中,  $\epsilon$  表示数据源参数,  $\varphi$  表示近似值定义系数,  $\Delta T$  表示输变电全景信息的单位传输周期,  $\dot{Q}$  表示输变电全景信息的相似度度量特征。

依照相似度度量标准,判定输变电全景信息的数据相似度,可以根据数据样本的个体属性,将符合多源集成需求的信息参量筛选处理,以便于电力网络对电量信号进行可视化监视与遥控<sup>[7-8]</sup>。

设  $\varphi$  表示基于相似度度量标准的数据取样系数,  $y$  表示输变电全景信息的个体属性,  $\hat{u}$  表示输变电数据的相似度筛选条件,联立公式(3),可将输变电全景信息的数据相似度定义式表示为:

$$U = \exp \left( -\frac{\sqrt{\varphi y - \hat{u}}}{2Y^2} \right) \quad (4)$$

定义数据相似度的过程中,需要对输变电全景信息进行大量的训练和优化,而这就使得多源数据集成准确性与泛化能力得到了保障。根据输变电数据相似度结果,实现了输变电数据类型划分,能够提升多源自适应集成权值求解效率。

### 1.3 多源自适应集成权值求解

输变电全景信息的多源数据自适应集成权值是指在集成来自不同数据源的信息时,根据各数据源的质量、可靠性、相关性等因素,动态地为每个数据源分配一个权重值。这个权重值反映了各数据源在集成结果中的贡献程度,是实现多源数据有效融合的关键。为了避免数据动态分配对输变电全景信息取样结果造成影响,对于多源自适应集成权值的计算遵循 Sigmoid 函数<sup>[9]</sup>。构造 Sigmoid 函数参考式(5)所示表达式。

$$F = \mathbf{I}^2 + \gamma p' \quad (5)$$

式中,  $p'$  表示数据计算成本,  $\gamma$  表示数据规模参数,  $\mathbf{I}$  表示数据梯度向量。

联立式(4)、式(5),将输变电全景信息数据相似度  $U$  代入多源自适应集成权值求解函数中,推导输变电全景信息的多源自适应集成权值计算式为:

$$O = \left( \frac{U}{\tau \bar{A}} \right)^2 + \kappa F \bar{S} \quad (6)$$

式中,  $\tau$  表示输变电全景信息的贡献程度,  $\hat{A}$  表示多源数据的融合向量,  $\kappa$  表示数据样本分配系数,  $\bar{S}$  表示输变电全景信息的取样均值。Sigmoid 函数具有广泛性特征,所以依照该函数对输变电全景信息的多源数据实施集成处理,实现输变电全景信息的多源数据融合。

## 2 输变电全景信息遥控可视化监视方法设计

在融合输变电全景信息多源数据的基础上,针对输变电全景信息实施可视化建模,并根据电力遥控损失函数,确定电力监视风险权重的取值范围,实现电力监视。

### 2.1 输变电全景信息的可视化建模

输变电全景信息可视化建模意在三维空间中表示各项电力数据。与二维空间相比,三维空间可以同时水平、竖直方向上显示输变电全景信息,能够实现对电力数据的可视化描述,以便电力主机在后续遥控与监视的过程中,能够更为直观地采集到各种不同类型的数据参量。

三维空间中,实施输变电全景信息的可视化建模可以利用多源数据集成原则来表达信息参量<sup>[10-11]</sup>。在同一方向上,可视化建模利用等值线对输变电全景信息进行约束,再按照电压、电流等电力参量取值的不同,对遥控及监视所需的数据样本进行集中比较,以便于损失函数与风险权重指标的准确表达。

规定  $D$  表示输变电全景信息在三维空间内的定义参量,其计算式如下:

$$D = \sqrt{\frac{\lambda d}{\sum \dot{g}_1 \dot{g}_2}} |a_1 a_2|^2 \quad (7)$$

式中,  $a_1$  表示水平方向上的信息显示系数,  $a_2$  表示竖直方向上的信息显示系数,  $d$  表示电力数据的三维表达向量,  $\lambda$  表示等值线参数,  $\dot{g}_1$  表示水平方向上的输变电全景信息赋值参数,  $\dot{g}_2$  表示竖直方向上的输变电全景信息赋值参数。

联立式(6)、式(7),推导输变电全景信息的可视化建模表达式为:

$$G = fO \times (\eta - 1)^2 \frac{\tilde{g}}{D} \quad (8)$$

式中,  $f$  表示电力数据的可视化表达系数,  $\eta$  表示输变电全景信息在三维空间内的转化效率,  $\tilde{g}$  表示模向量。可视化建模方式不仅使输变电全景信息的表达更为清晰准确,还能够充分体现出输变电系统的真实结构和功能。

2.2 电力遥控损失函数设计

电力遥控损失函数是一个在电力自动化遥控系统中用于衡量输变电全景信息预测值与实际值之间差距的指标,受到均方误差与平均绝对误差的影响。均方误差可以评价输变电全景信息数据的变化程度,该项物理量的取值越小,说明损失函数具有更好的精确度<sup>[12]</sup>。对于输变电全景信息均方误差的求解参考如下表达式。

h = \sum (j\_{\mu} - j\_0)^{\frac{2}{\nu}} \tag{9}

式中,μ表示输变电全景信息的随机定义项,j\_{\mu}表示基于参数μ的数据变化量,j\_0表示数据变化量的标准取值,ν表示均方运算系数。

平均绝对误差衡量了输变电全景信息预测值与真实值之间的平均绝对差异,表示预测值与真实值之间的平均偏差程度,计算式如下:

k = (\frac{1}{\vartheta}) \times |l\_2 - l\_1|^2 \tag{10}

式中,ϑ表示绝对误差运算系数,l\_1表示输变电全景信息真实值,l\_2表示输变电全景信息预测值。

结合输变电全景信息的可视化模型,对平均偏差程度及全景信息均方误差进行训练,联立式(8)~式(10),定义电力遥控损失函数:

L = \frac{(h \cdot k) \times (z\_1^2 + z\_2^2 + \cdots + z\_n^2)}{G} \tag{11}

式中,z\_1,z\_2,\cdots,z\_n表示三维空间内n个不相等的电力遥控向量。损失函数对输变电全景信息的评价较为客观,因此在针对电力信号实施遥控时,也就不会获得非真实的显示数据,就此完成电力遥控损失函数设计。

2.3 电力监视的风险权重计算

结合电力遥控损失函数计算电力监视的风险权重。而电力监视风险权重是根据具体情境和风险因素进行评估和计算的。风险因子权重是对输变电全景信息特定风险因素的评估权重,而风险因子占比则是该风险因素在整体风险中所占的比例<sup>[13-14]</sup>。基于多源数据集成求解电力监视的风险权重时,要求输变电全景信息的取值必须属于同一数值区间。设C\_{max}表示输变电全景信息风险因素的最大取值,C\_{min}表示信息风险因素的最小取值,ω表示基于多源数据集成原则所定义的评估参数,̄b表示输变电全景信息的监视阈值。在上述物理量的支持下,联立式(11),可将电力监视的风险权

重计算式表示为:

X = \frac{\omega \bar{b}}{(C\_{max} - C\_{min}) \cdot L} \tag{12}

通过科学合理地评估电力遥控损失、计算风险权重,完成输变电全景信息遥控可视化监视,可以更好地指导电力监视工作,提升电力系统的安全性和稳定性。

3 实验分析

电力主机监视输变电全景信息是为了更好控制电压与电流的负载,从而避免因电量等级过高,而使网络体系中出现电量混乱的情况。本次实验以负载电压、负载电流作为主要监控的输变电信息,记录电力网络运行过程中,上述两类物理量的数值变化情况。选择基于多源数据集成的输变电全景信息遥控可视化监视方法(方法1)、基于极限学习机的信息辨识方法(方法2)、基于全通信链路的监测方法(方法3)三种不同的技术手段进行实验,首先记录负载电压、负载电流的真实数值,然后记录不同方法监测所得的电压与电流数值,最后将真实值与监测值进行对比,差值越小,就表示所应用方法的监视效果越符合实际应用需求。

由于高压电力环网的可控性较差,且平均电压的数值水平较高,极有可能出现不安全的用电行为。所以本次实验以区域性输变电网络作为实验环境,通过人工架设的方式,完成各个电路元件之间的接线,如图1所示。



图1 区域性输变电网络架设

实验过程中,有可能出现大量的干扰性输变电信息,因此在记录实验数据时,应通过人工筛选的方式,过滤不可靠的信息参量,如图2所示。

完成输变电信息筛选后,记录所得负载电压与负载电流的真实数值,如表1所示。



图 2 输变电全景信息记录

表 1 输变电信息真实数值

| 时间/min | 电压/V | 电流/A |
|--------|------|------|
| 10     | 84.7 | 29.0 |
| 20     | 87.1 | 21.4 |
| 30     | 80.2 | 18.7 |
| 40     | 82.5 | 19.3 |
| 50     | 89.8 | 20.5 |
| 60     | 83.0 | 19.8 |

闭合控制开关开始实验,记录方法 1、方法 2、方法 3 对负载电压与负载电流的监测值,具体实验情况如图 3、图 4 所示。

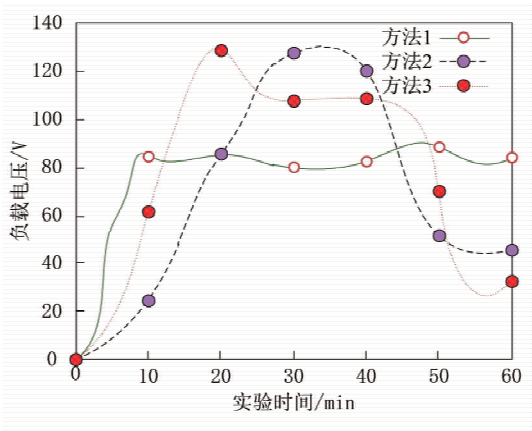


图 3 负载电压监测值

分析表 1 与图 3 可知,当实验时间为 10 min 时,方法 1 的负载电压监测值为 83 V,方法 2 的负载电压监测值为 25 V,方法 3 的负载电压监测值为 62 V,输变电压真实数值为 84.7 V;当实验时间为 30 min 时,方法 1 的负载电压监测值为 80 V,方法 2 的负载电压监测值为 129 V,方法 3 的负载电压监测值为 108 V,输变电压真实数值为 80.2 V;本文方法与实际负载电压数值基本相差不大,而方法 2 与方法 3 始终与输变电信息真实数值具

有较大差异。上述结果表明,应用方法 2、方法 3 并不能实现对负载电压的有效监测,这就表示这两种方法的应用不满足有效监视输变电全景信息的应用需求,也就不能通过遥控与监视的方式,解决电量等级过高的问题。

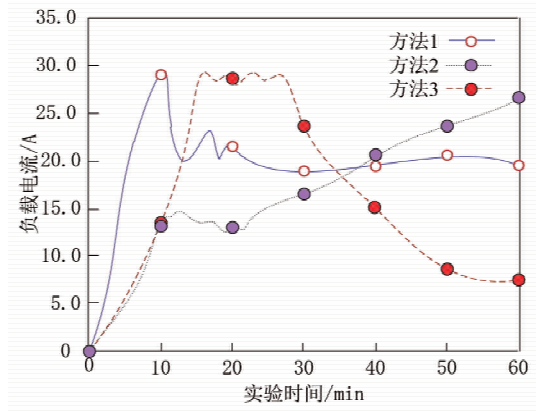


图 4 负载电流监测值

对比表 1、图 4 可知,当实验时间为 10 min 时,方法 1 的负载电流监测值为 29.0 A,方法 2 的负载电流监测值为 12.8 A,方法 3 的负载电流监测值为 12.8 A,实际输变电电流为 29.0 A;当实验时间为 60 min 时,方法 1 的负载电流监测值为 19.8 A,方法 2 的负载电流监测值为 26.2 A,方法 3 的负载电流监测值为 7.6 A,实际输变电电流为 19.8 A;本文方法始终与实际输变电电流保持一致,而其他两种方法均与实际输变电电流具有较大差异。应用方法 1 可以实现对负载电压、负载电流的有效监测,相较于其他两种应用方法,该方法更满足有效监视输变电全景信息的需求,可以较好解决电量等级过高的问题,依照该方法进行遥控与监视,可以保障电力主机对整个网络体系的遥控需求。

4 结 论

输变电全景信息作为现代电力系统的重要组成部分,其深度集成和高效利用对于提升电力系统的智能化水平、优化资源配置以及确保电力供应的安全稳定具有重大意义。随着智能电网和能源互联网的快速发展,输变电全景信息将成为实现电力系统互联互通、协同优化和可持续发展的重要支撑。在输变电全景信息的应用过程中,仍存在一些挑战和问题需要解决,因此需要继续加强技术研发和创新,完善相关标准和规范,推动输变电全景信息的深入应用和发展。