

基于同步相量测量的配电网电压暂降溯源系统设计研究

劳永钊, 吴任博, 肖健, 徐全, 陈吕鹏

引用本文:

劳永钊, 吴任博, 肖健, 徐全, 陈吕鹏. 基于同步相量测量的配电网电压暂降溯源系统设计研究[J]. 南方能源建设, 2022, 9(1): 115–121.

LAO Yongzhao, WU Renbo, XIAO Jian, XU Quan, CHEN Lü peng. Research on Voltage Sag Source–Locating System Design of Distribution Network Based on Synchronous Phasor Measurement[J]. *Southern Energy Construction*, 2022, 9(1): 115–121.

相似文章推荐 (请使用火狐或IE浏览器查看文章)

Similar articles recommended (Please use Firefox or IE to view the article)

国内外直流配电网技术发展研究综述

Overview of Development of DC Power Distribution Network

南方能源建设. 2016, 3(z1): 93–98 <https://doi.org/10.16516/j.gedi.issn2095-8676.2016.S1.020>

高可靠性主动配电网供电模式研究

Study on Feeding Mode for Active Distribution System with High Reliability Demand

南方能源建设. 2017, 4(1): 92–95 <https://doi.org/10.16516/j.gedi.issn2095-8676.2017.01.017>

多端柔性直流配电网的可靠性和经济性评估

Reliability and Economy Assessment of Multi-terminal Flexible DC Distribution Network

南方能源建设. 2020, 7(4): 67–74 <https://doi.org/10.16516/j.gedi.issn2095-8676.2020.04.010>

基于全寿命周期成本的配电网合环运行经济性评估方法

Economic Evaluation of Closed Loop Operation of Distribution Network Based on Life Cycle Cost

南方能源建设. 2016, 3(2): 162–166, 161 <https://doi.org/10.16516/j.gedi.issn2095-8676.2016.02.032>

智能配电网项目综合效益分析评价方法研究

Research on Comprehensive Benefits Evaluation of Smart Distribution Grid

南方能源建设. 2017, 4(1): 134–137 <https://doi.org/10.16516/j.gedi.issn2095-8676.2017.01.026>

基于同步相量测量的配电网电压暂降 溯源系统设计研究

劳永钊¹, 吴任博^{1,✉}, 肖健¹, 徐全², 陈吕鹏³

(1. 广东电网有限责任公司广州供电局, 广东 广州 510600; 2. 南方电网科学研究院有限责任公司, 广东 广州 510663;
3. 中国能源建设集团广东省电力设计研究院有限公司, 广东 广州 510663)

摘要: [目的] 电压暂降是配电网中影响最严重的电能质量问题之一。目前, 由于缺乏对电压暂降源定位的系统, 责任划分和归属问题一直是电压暂降事故处理的难点。采用配电网同步电能质量测量数据进行监测和分析是解决电压暂降溯源问题的有效途径。[方法] 首先, 分析了同步相量与电能质量测量一体化的体系架构和融合方案, 提出基于实时同步量测数据实现电压暂降源溯源定位的方法; 然后, 提出了配电网示范工程布点案例设计方案; 最后, 对同步相量与电能质量测量一体化在智能配电网的应用进行了总结。[结果] 示范建设成效验证了所提出设计方案的可行性。[结论] 示范工程为后续大规模推广和复制积累了工程经验。

关键词: 配电网; 同步相量测量; 电能质量测量; 电压暂降追溯; 设计方案

中图分类号: TM7; TM933

文献标志码: A

文章编号: 2095-8676(2022)01-0115-07

开放科学(资源服务)二维码:



Research on Voltage Sag Source-Locating System Design of Distribution Network Based on Synchronous Phasor Measurement

LAO Yongzhao¹, WU Renbo^{1,✉}, XIAO Jian¹, XU Quan², CHEN Lüpeng³

(1. Guangzhou Power Supply Bureau of Guangdong Power Grid Co., Ltd., Guangzhou 510600, Guangdong, China;

2. Electric Power Research Institute, CSG, Guangzhou 510663, Guangdong, China;

3. China Energy Engineering Group Guangdong Electric Power Design Institute Co., Ltd., Guangzhou 510663, Guangdong, China)

Abstract: [Introduction] Voltage sag is one of the most serious power quality problems in distribution network. At present, due to the lack of a system to locate the source of voltage sag, the problem of responsibility division and attribution has always been the difficulty in dealing with voltage sag accidents. It is an effective way to solve the problem of voltage sag traceability by monitoring and analyzing the synchronous power quality measurement data of distribution network. [Method] Firstly, the architecture and fusion scheme of the integration of synchronous phasor and power quality measurement were analyzed, and a method of voltage sag source tracing and location based on real-time synchronous measurement data was proposed. Then, the case design scheme of distribution network demonstration project was proposed. Finally, the application of synchronous phasor and power quality measurement integration in intelligent distribution network was summarized in this paper. [Results] The results of demonstration construction verify the feasibility of the proposed design scheme. [Conclusion] The demonstration project has accumulated engineering experience for subsequent large-scale promotion and replication.

Key words: distribution network; synchronous phasor measurement; power quality measurement; voltage sag source-locating; design scheme

2095-8676 © 2022 Energy China GEDI. Publishing services by Energy Observer Magazine Co., Ltd. on behalf of Energy China GEDI. This is an open access article under the CC BY-NC license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>).

收稿日期: 2021-06-17 修回日期: 2021-08-13

基金项目: 国家重点研发计划“智能电网技术与装备”重点专项“配电网广域测量控制技术研究与应” (2017YFB0902900)

0 引言

随着双碳战略目标逐步落地,清洁能源替代和电能替代将进一步推进^[1]。由此带来的广泛分布式能源和电动汽车等新型负荷的接入,使得“源—网—荷”角色定位和行为特征的界限趋于模糊,电力电子化程度逐步加深,系统运行特性发生着变化^[2-3]。配电网作为服务用户的“最后一公里”,其运行状态将直接影响到用户的用电可靠性和电能质量^[4]。

现有的电网SCADA系统无法对动态暂态事件进行有效监测,数据颗粒度一般只能达到秒级或分钟级。虽然能监测保存故障前后的数据,但所采集的数据实时性不强,无法有效对动态事件进行进一步的分析和高级应用^[5]。另外,配电自动化系统中的数据缺乏同步性,无法较好地对系统状态尤其是故障发生后的系统状态进行评估,也无法有效支撑电压暂降等电能质量问题的溯源。

现有电能质量监测装置一般安装在变电站或低压配网用户侧^[6],中压线路侧布点不足,而且布点往往以投诉事件导向的“被动布点”为主,且一般为单点监测,无法支撑广域电能质量全态势感知。此外,部分电能质量数据没有同步时标,同样无法有效支撑电能质量问题分析、预警等高级功能。

面对新形势下配电网变化趋势和同步电能质量测量需求,亟需研究设计配电网同步相量与电能质量测量一体化体系和建设典型应用场景的示范工程。本文首先介绍了同步相量与电能质量测量一体化基本原理和技术架构设计方案,然后研究基于同步电能质量测量信息的配电网电压暂降溯源方法,最后介绍了广州某地区示范工程的设计方案。

1 基于同步相量的电能暂降测量

1.1 同步相量测量原理

1.1.1 同步授时原理

同步相量测量是针对电压电流的正弦量大小和相位进行同步测量,如果无法确定同一的时间基准点,则无法有效实现测量的同步性。在统一的时间基准点下,测量所得的数据将被打上时标,数据之间可以直接进行对比。主网同步相量测量装置采用变电站内统一时钟基准信号进即可完成对时,但配电网环境复杂,分布广泛,受条件约束则需内置北斗/GPS授时模块进行同步对时^[7]。

北斗/GPS同步卫星每秒发射一个同步信号,信号接收器可以为设备提供1PPS脉冲信号,精度不低于 $\pm 1 \mu\text{s}$,对于国内电网50 Hz工频信号而言,相位误差不大于0.018,可以满足功角的测量需要。同步相量测量授时原理如图1所示。

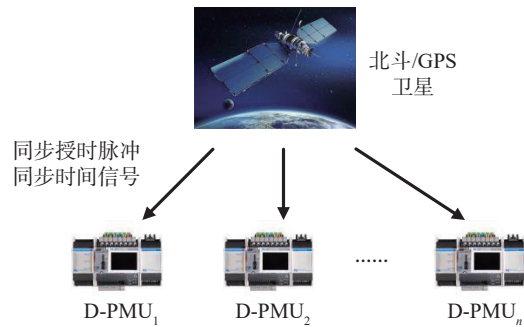


图1 同步相量测量授时原理

Fig. 1 Timing principle of synchronous phasor measurement

1.1.2 同步相量测量算法

离散傅里叶变换(Discrete Fourier Transform, DFT)算法是目前同步相量测量广泛采用的测量算法之一。DFT算法首先在频域对非正弦周期信号进行分解,从而得到信号的基波分量和谐波分量,随后利用分解的分量信息对基波和谐波分量的相量进行计算。

快速傅里叶变换(Fast Fourier Transform, FFT)是在DFT的基础上发展而来的,是DFT的快速算法。FFT在同步相量测量的作用仍然是实现信号的基波分量和谐波分量的分解,FFT可有效减少算法的乘法次数,大幅降低计算量。但在同步测量时需对输入原始信号进行加窗处理,并对计算结果进行差值修正^[8]。

1.2 架构设计

1.2.1 测量算法一体化架构

在同步相量测量和电能质量指标计算中,应用较为广泛的是DFT算法,且在计算上存在一定的相似性,在数据采样和数据初步处理环节存在共同步骤。因此,可以考虑将两者进行融合,减少重复环节,降低计算量。测量算法一体化测量示意图如图2所示。

测量算法一体化架构包含一体化采样、采样数据处理、同步相量/电能质量计算和暂态事件录波四部分。

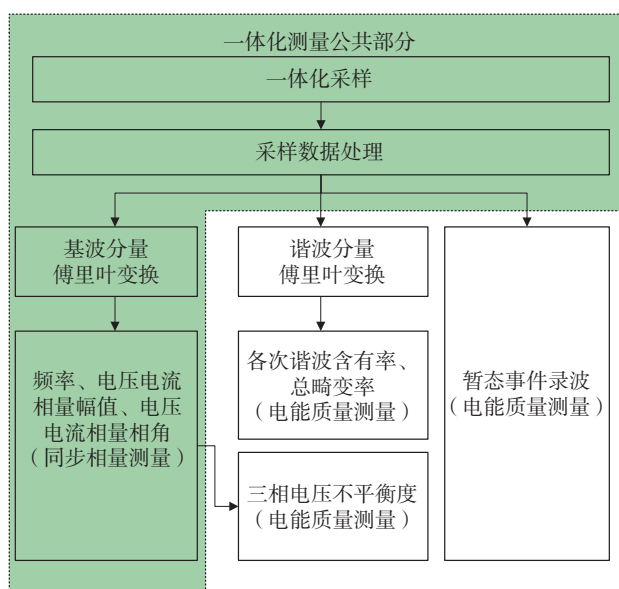


图 2 测量算法一体化架构框图

Fig. 2 Measurement algorithm integration block diagram

1) 一体化采样

采用一体化采样方式获得高频离散的电压/电流数据, 可同时满足同步相量测量和电能质量指标

计算的需要, 可有效降低后续数据处理量。

2) 采样数据处理

对采样点数据依据实时电网频率进行波形重构, 降低频谱泄露对算法精度的影响。

3) 同步相量/电能质量计算

基于处理后的数据利用基波分量 DFT 算法, 计算得到基波相量的实部与虚部, 进而获得基波的幅值和相量。然后进行谐波分量的 DFT 算法计算, 得到各次谐波的有效值。结合基波有效值计算结果可计算总谐波畸变率和各次谐波含有率。最后对剩余两相重复上述计算过程, 计算三相电压不平衡度。

4) 暂态事件录波

当发生暂态事件, 算法能够准确地记录该事件, 包括事件类型、事件发生时刻、发生相别、特征幅值、暂态发生持续时间等。

1. 2. 2 测量装置一体化架构

传统同步相量测量装置与电能质量测量装置存在相似的架构部分。测量装置一体化架构框图如图 3 所示。

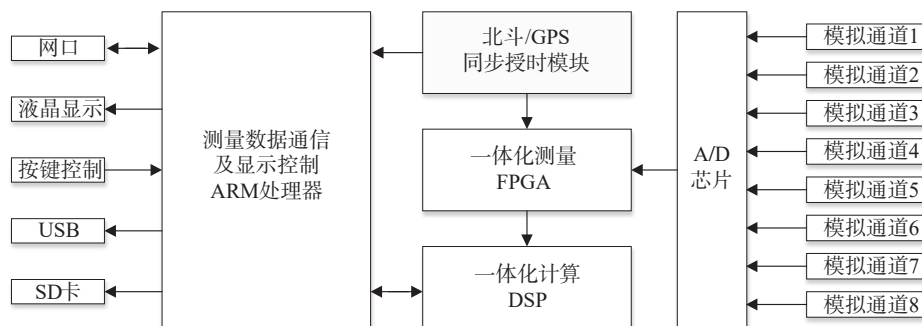


图 3 测量装置一体化架构框图

Fig. 3 Measurement device integration block diagram

一体化量测装置构成一般包括模拟信号输入端口、模数转换芯片 (A/D 芯片)、一体化测量 FPGA、一体化计算 DSP、量测数据通信及显示控制 ARM 处理器、北斗/GPS 同步授时模块、通信模块、存储模块等。

主要的公共硬件模块如下:

1) 电压/电流模拟信号采集模块

同步相量测量和电能质量测量都需要从电网侧提取离散电压/电流模拟信号, 进而进行模数转换, 进行下一步的各类数据计算。

2) 一体化计算 DSP 模块

同步相量测量和电能质量测量均需基于电压/电流信号进行 DFT 变换计算, 两者计算存在重叠部

分, 且计算量较大。均需配置高性能 DSP 进行计算, 因此可将两者计算模块进行一体化融合。

3) 北斗/GPS 同步授时模块

同步授时模块一方面是实现同步相量测量的必要条件。另一方面, 可为电能质量测量数据和暂态时间录波数据打上同步时标。提高后续进行电能质量数据分析的可行性和有效性。

2 基于同步电能质量数据的电压暂降溯源

2.1 电压暂降源方向判别方法

2.1.1 参考方向

电压暂降溯源是指追溯电压暂降扰动源相对于

监测点的相对位置。确定其在监测点的上游或是下游。因此,需要对参考方向进行确定。本文参考方向由电压互感器和电流互感器的同名端进行确定。方向为由互感器共同确定的唯一消耗有功的方向,与监测装置实际有功流动方向无关^[9]。

2.1.2 三相功率电流

设监测点 m 的电压、电流相量 $\mathbf{u}_m(t)$ 、 $\mathbf{i}_m(t)$ 为

$$\begin{cases} \mathbf{u}_m(t) = [u_{m,a}(t), u_{m,b}(t), u_{m,c}(t)]^T \\ \mathbf{i}_m(t) = [i_{m,a}(t), i_{m,b}(t), i_{m,c}(t)]^T \end{cases} \quad (1)$$

式中:

$u_{m,a}(t)$ 、 $u_{m,b}(t)$ 、 $u_{m,c}(t)$ ——监测点同步测量的三相电压(kV);

$i_{m,a}(t)$ 、 $i_{m,b}(t)$ 、 $i_{m,c}(t)$ ——监测点同步测量的三相电流(kA)。

则三相功率电流 $I_{m,p}(t)$ 定义如下:

$$I_{m,p}(t) = P_m(t) / \|\mathbf{u}_m(t)\|^2 \quad (2)$$

$$\begin{cases} P_m(t) = \mathbf{i}_m(t)^T \cdot \mathbf{u}_m(t) \\ \|\mathbf{u}_m(t)\|^2 = \mathbf{u}_m(t)^T \cdot \mathbf{u}_m(t) \end{cases} \quad (3)$$

式中:

$P_m(t)$ ——测量点 m 的三相瞬间功率,即为监测点处三相电压相量与三相电流的点积(MW)。

2.1.3 基于序增量功率电流的电压暂降源方向判据

1) 对称扰动事件

当发生三相对称的电压暂降扰动事件时,监测点的三相电压、电流相量保持三相对称,仅有正序分量。通过对比扰动前后正序功率电流变化量即可判断电压暂降源位于监测点相对位置情况。

正序增量功率电流表达如下:

$$\Delta I_{m,p}^+ = I_{m,p,after}^+ - I_{m,p,before}^+ \quad (4)$$

式中:

$I_{m,p,after}^+$ ——监测点 m 扰动后正序三相功率电流值(kA);

$I_{m,p,before}^+$ ——监测点 m 扰动前正序三相功率电流值(kA)。

针对对称扰动事件,利用正序增量功率电流进行溯源的判据表述如下:

$$\begin{cases} \Delta I_{m,p}^+ > \varepsilon, \text{电压暂降位于监测点下游} \\ \Delta I_{m,p}^+ < -\varepsilon, \text{电压暂降位于监测点上游} \end{cases} \quad (5)$$

式中,为防止由于测量误差导致的误判,设置

判断阈值 ε ($\varepsilon > 0$)。

2) 非对称扰动事件

当发生非对称的电压暂降扰动事件时,监测点的电压电流将产生负序分量。由于系统正常稳态运行时,电网三相不平衡度要求小于4%。因此,可忽略稳态时的负序功率电流。通过分析扰动后负序功率电流变化量即可判断电压暂降源位于监测点相对位置情况。

负序增量功率电流表达如下:

$$\Delta I_{m,p}^- = I_{m,p,after}^- - I_{m,p,before}^- = I_{m,p,after}^- \quad (6)$$

式中:

$I_{m,p,after}^-$ ——监测点 m 扰动后负序三相功率电流值(kA);

$I_{m,p,before}^-$ ——监测点 m 扰动前负序三相功率电流值(kA)。

针对非对称扰动事件,利用负序增量功率电流进行溯源的判据表述如下:

$$\begin{cases} \Delta I_{m,p}^- < -\varepsilon, \text{电压暂降位于监测点下游} \\ \Delta I_{m,p}^- > \varepsilon, \text{电压暂降位于监测点上游} \end{cases} \quad (7)$$

式中:

为防止由于测量误差导致的误判,设置判断阈值 ε ($\varepsilon > 0$)。

2.2 电压暂降源区段定位方法

在利用单个监测点的测量数据可准确判断电压暂降源方向的基础上,可以利用多个监测点布点实现电压暂降源区段定位。

可利用拓扑矩阵描述配电网拓扑结构以及监测点的分布信息:

$$\mathbf{F} = \begin{bmatrix} f_{11} & f_{12} & \cdots & f_{1m} \\ f_{21} & f_{22} & \cdots & f_{2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ f_{l1} & f_{l2} & \cdots & f_{lm} \end{bmatrix} \quad (8)$$

$$f_{ij} = \begin{cases} 1, \text{区段}L_i\text{位于监测点}j\text{上游} \\ -1, \text{区段}L_i\text{位于监测点}j\text{下游} \end{cases} \quad (9)$$

式中:

l ——配电网中区段总数;

m ——配电网中监测点数目;

f_{ij} ——矩阵中的元素。

可用观测矩阵来描述所有监测布点的方向判别信息:

$$\mathbf{S} = [s_1, s_2, \cdots, s_m]^T \quad (10)$$

当监测装置判断电压暂降源位于上游区域时, $s_i = 1$; 反之则 $s_i = -1$ 。

可将配电网拓扑矩阵与观测矩阵结合, 实现暂降源的区段定位:

$$D = [d_1, d_2, \dots, d_i]^T = F \times S \quad (11)$$

当 $d_i = m$ 时, 则可判定电压暂降源位于电网的第 i 个区段。

2.3 电压暂降源溯源流程

电压暂降源溯源执行流程如图 4 所示。

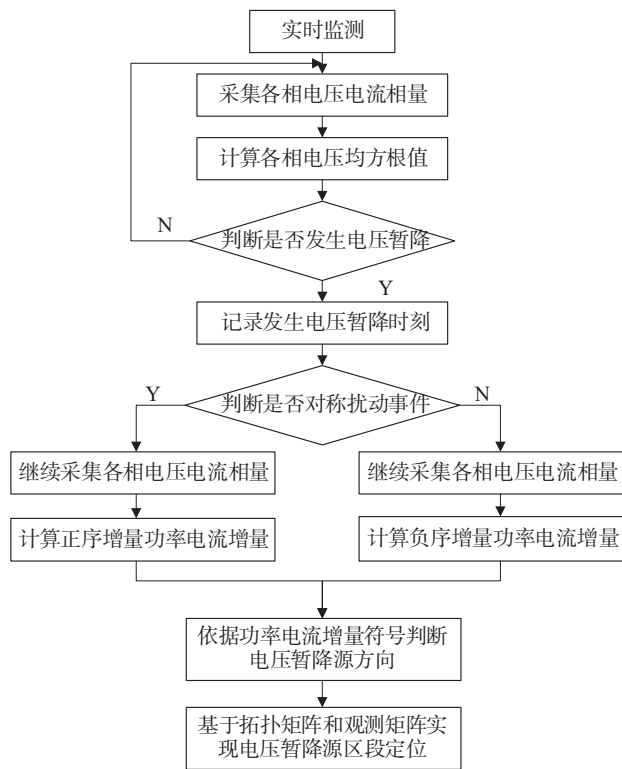


图 4 电压暂降源溯源执行流程

Fig. 4 Implementation process of voltage sag source-locating

3 示范工程案例设计

根据示范区域的实际情况和需求, 提出基于同步相量与电能质量测量一体化的配电网电压暂降溯源设计方案。在终端布点方面, 充分考虑示范区域配电网架构现状、电压暂降问题隐患、示范实验方案设计以及实际现场实施可行性条件等, 提出设备布点方案。

3.1 示范工程概况

以广州某地区示范工程案例设计为例, 说明同步相量与电能质量一体化测量、电压暂降溯源功能的应用。示范区区域占地面积约为 25 km^2 , 区域内

线路涉及 5 座变电站, 13 回 10 kV 馈线线路。光伏发电规模约 30 MW , 区域负荷规模高达 40 MW 。

3.2 示范工程电压暂降溯源功能设计

在示范区内设置 3 种方案, 对比测试不同设备布点情况下电压暂降溯源效果:

1) 配网一体化测量装置覆盖率达 100% 场景。选取 WL 站部分和 BTF2、BTF3、BTF19 实现装置布点覆盖率达 100%, 验证配网一体化测量装置量测充足情况下的快速溯源效果;

2) 配网一体化测量装置+SCADA 覆盖率达 100% 场景。选取 BTF9 作为 SCADA 和配网一体化测量装置覆盖率达到 100%, 以验证整体量测充足, 但配网一体化测量装置布点不足情况下的溯源效果;

3) 量测不足场景。选取 BTF1、BTF4、BTF8、BTF10、BTF13、BTF14、BTF16 以验证量测不足情况下的溯源效果。

各场景布点方案的暂降溯源定位结果如表 1 所示, 各场景布点方案具体如图 5 所示。可见基于高精度且全面的同步测量数据可有效实现暂降事件的捕捉, 定位准确度较高。如果缺少高精度的同步测量数据, 则无法所有暂降事件的全面感知, 定位精度较低甚至无法实现定位。

表 1 各方案暂降溯源定位结果

Tab. 1 Traceability and positioning results of voltage sag of each scheme

方案序号	具体方案	暂降溯源定位结果
方案 1	配网一体化测量装置覆盖率达 100%	可有效捕捉暂降事件, 定位准确度 99%
方案 2	配网一体化测量装置+SCADA 覆盖率达 100%	可捕捉部分暂降事件, 定位精度较低
方案 3	量测不足	基本无法捕捉暂降事件

3.3 示范工程建设成效

示范区建成后, 示范区内配网一体化测量装置 100% 覆盖率区域, 电压暂降定位准确率高于 99%;

同时基于同步测量数据, 试验区内可实现故障定位、源荷协调控制等高级应用。故障定位精度小于 0.2 km ; 平均缩短故障处理时间 48.25 min ; 源—网—荷快速协调控制系统的闭环控制平均时延小于 200 ms ; 可削减示范区柔性负荷峰值约 13%。

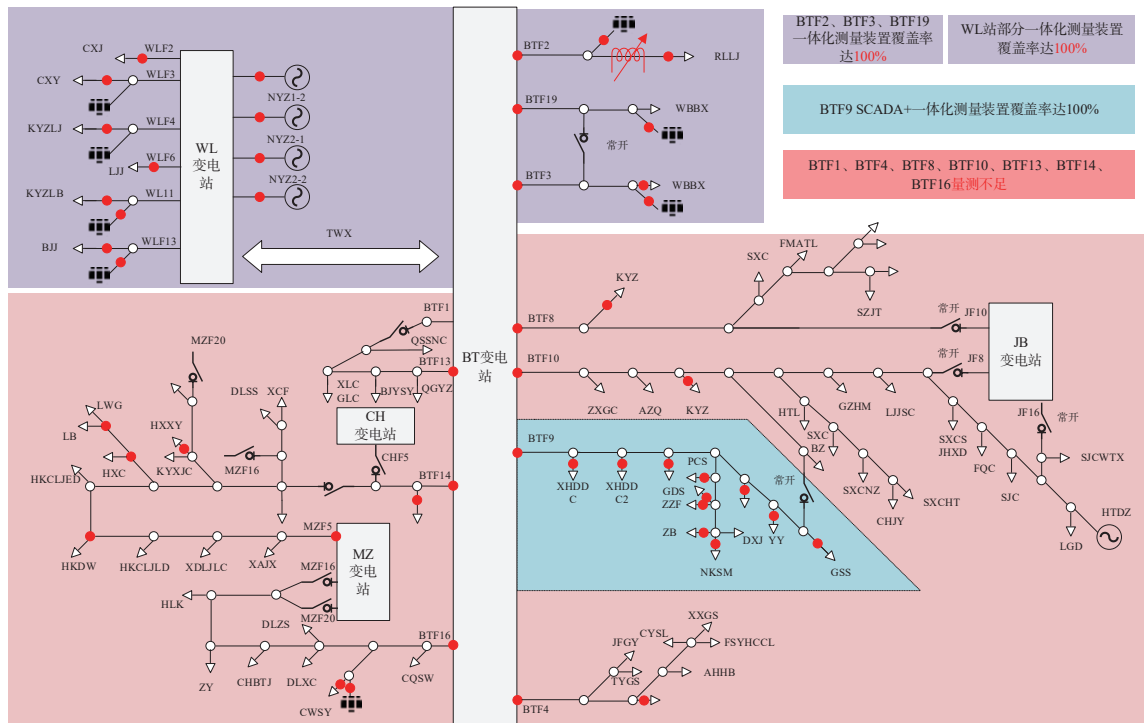


图5 示范区电压暂降溯源功能布点方案

Fig. 5 The voltage sag source-locating scheme in demonstration

3.4 示范工程意义

该示范工程建成了基于同步相量与电能质量测量一体化的配电网电压暂降溯源系统，为进一步推进配电网同步相量与电能质量测量一体化的应用提供宝贵工程经验。

4 结论

本文介绍了同步相量与电能质量测量一体化的基本设计架构和方案、电压暂降溯源方法和示范工程案例设计方案。

1) 分析了配电网同步相量与电能质量测量一体化设计的可行性，提出了一体化的算法和硬件装置设计架构。集成两类监测测量装置的功能可有效降低装置成本，减少重复多余计算量。

2) 分析了基于广域同步电能质量量测数据进行电压暂降溯源定位的方法，该方法可有效解决配电网电压暂降溯源问题，有利于电能质量问题权责划分。

3) 提出了基于一体化量测体系的示范工程设计方案，通过关键技术的示范应用，全面提升了配电网的电能质量监测水平。

本文工作为进一步提高配电网电能质量监测和

电能质量问题溯源水平提供了工程经验。在下一步的设备及场景推广时，应针对区域特点和需求，优化设备布点方案，提高工程实施的精准性和有效性。

参考文献:

- [1] 孙伟卿, 谈一鸣, 曾平良, 等. 考虑电能替代的全球负荷变化趋势分析 [J]. 电网技术, 2019, 43(2): 678-687. DOI: 10.13335/j.1000-3673.pst.2018.0494.
SUN W Q, TAN Y M, ZENG P L, et al. Analysis on variation trend of global load considering electricity substitution [J]. Power System Technology, 2019, 43(2): 678-687. DOI: 10.13335/j.1000-3673.pst.2018.0494
- [2] 范士雄, 蒲天骄, 刘广一, 等. 主动配电网中分布式发电系统接入技术及其进展 [J]. 电工技术学报, 2016, 31(增刊2): 92-101. DOI: 10.19595/j.cnki.1000-6753.tces.2016.s2.011.
FAN S X, PU T J, LIU G Y, et al. Technologies and its trends of grid integration of distributed generation in active distribution network [J]. Transactions of China Electronically Society, 2016, 31(Supp. 2): 92-101. DOI: 10.19595/j.cnki.1000-6753.tces.2016.s2.011.
- [3] 杨景旭, 羿应棋, 张勇军, 等. 基于加权分布熵的配电网电动汽车并网运行风险分析 [J]. 电力系统自动化, 2020, 44(5): 171-179. DOI: 10.7500/AEPS20190303007.
YANG J X, YI Y Q, ZHANG Y J, et al. Operation risk analysis

- of electric vehicle integrated to distribution network based on weighted distribution entropy [J]. Automation of Electric Power Systems, 2020, 44(5): 171-179. DOI: 10.7500/AEPS20190303007.
- [4] 刘颖英, 冯丹丹, 林才华, 等. 电能质量综合评估研究现状及发展趋势 [J]. 电力系统保护与控制, 2020, 48(4): 167-176. DOI: 10.19783/j.cnki.pspc.190514.
LIU Y Y, FENG D D, LIN C H, et al. Current status and development trend of power quality comprehensive assessment [J]. Power System Protection and Control, 2020, 48(4): 167-176. DOI: 10.19783/j.cnki.pspc.190514.
- [5] 许树楷, 谢小荣, 辛耀中. 基于同步相量测量技术的广域测量系统应用现状及发展前景 [J]. 电网技术, 2005, 29(2): 44-49. DOI: 10.3321/j.issn:1000-3673.2005.02.010.
XU S K, XIE X R, XIN Y Z. Present application situation and development tendency of synchronous phasor measurement technology based wide area measurement system [J]. Power System Technology, 2005, 29(2): 44-49. DOI: 10.3321/j.issn:1000-3673.2005.02.010.
- [6] 段刚, 严亚勤, 谢晓冬, 等. 广域相量测量技术发展现状与展望 [J]. 电力系统自动化, 2015, 39(1): 73-80. DOI: 10.7500/AEPS20141008016.
DUAN G, YAN Y Q, XIE X D, et al. Development status quo and tendency of wide area phasor measuring technology [J]. Automation of Electric Power Systems, 2015, 39(1): 73-80. DOI: 10.7500/AEPS20141008016.
- [7] 李江, 徐志临, 李国庆, 等. 配电网微型 PMU 与故障录波装置研究与开发 [J]. 电力自动化设备, 2016, 36(9): 54-59. DOI: 10.16081/j.issn.1006-6047.2016.09.008.
LI J, XU Z L, LI G Q, et al. Research and development of micro PMU and fault wave recording device for distribution network [J]. Electric Power Automation Equipment, 2016, 36(9): 54-59. DOI: 10.16081/j.issn.1006-6047.2016.09.008.
- [8] 黄志, 张峰, 张士文, 等. 一种基于 FPGA 的电能计量算法研究 [J]. 电测与仪表, 2016, 53(15): 57-62. DOI: 10.3969/j.issn.1001-1390.2016.15.011.
HUANG Z, ZHANG F, ZHANG S W, et al. Research on an electric energy metering algorithm based on FPGA [J]. Electrical Measurement & Instrumentation, 2016, 53(15): 57-62. DOI: 10.3969/j.issn.1001-1390.2016.15.011.
- [9] 唐轶, 魏瑞鹏, 李鹏, 等. 基于序增量功率电流方向追溯电压暂降源的方法 [J]. 电力系统自动化, 2017, 41(6): 86-91. DOI:

10.7500/AEPS20160515010.

TANG Y, WEI R P, LI P, et al. Method of tracing voltage sag source based on sequence incremental power current direction [J]. Automation of Electric Power Systems, 2017, 41(6): 86-91. DOI: 10.7500/AEPS20160515010.

作者简介:



劳永钊

1989-, 男, 广东广州人, 工程师, 硕士, 主要从事配网自动化工作 (e-mail) yzl-david2012@sina.com。

劳永钊

吴任博 (通信作者)

1983-, 男, 山东烟台人, 高级工程师, 博士, 主要从事电力系统自动化工作 (e-mail) wurb@csg.cn。

项目简介:

项目名称 国家重点研发计划“智能电网技术与装备”重点专项“配电网广域测量控制技术研究与运用”(2017YFB0902900)

承担单位 广东电网有限责任公司广州供电局、南方电网科学研究院有限责任公司、中国能源建设集团广东省电力设计研究院有限公司、北京四方继保自动化股份有限公司

项目概述 项目围绕配电网广域测量控制保护技术研制与集成示范展开工作, 重点设计了搭建装置及系统的配电网广域测量控制保护技术硬件在环及动模仿真测试平台, 并形成完整的配电网同步相量测量技术体系, 设计和研制了集成多种基于配电网广域测量控制保护技术的高级应用功能主站, 设计并建设了多个配电网广域集成示范工程, 验证了示范工程的多项高级应用功能, 验证了整个项目所研制的关键技术及系统的实用性。

主要创新点 (1) 采用软硬件模块化设计方案, 研制满足配电网广域测量控制需求的统一支撑平台; (2) 充分考虑系统现场运行可能出现的各种运行场景, 结合配电网广域测量控制系统功能, 设计测试方案并建立典型测试案例; (3) 充分考虑相关技术的经济性, 提出配电网广域测量控制系统的体系架构及部署方案。

(责任编辑 叶筠英)