

## 中压配电网线损实时同步监测系统设计方案研究

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. 中压配电网线损实时同步监测系统设计方案研究[J]. 南方能源建设, 2022, 9(增刊1): 139-146.

LAO Yongzhao, WU Renbo, XIAO Jian, XU Quan, CHEN Lü peng. Research on Design Scheme of Real-Time Synchronous Monitoring System for Line Loss of Medium Voltage Distribution Network[J]. Southern Energy Construction, 2022, 9(增刊1): 139-146.

## 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)

### 基于计量自动化系统的配电网线损特征及影响因素分析

Analysis of Line Loss Characteristics and Influencing Factors of Distribution Network Based on Metrological Automation System  
南方能源建设. 2017, 4(3): 63-68,74 <https://doi.org/10.16516/j.gedi.issn2095-8676.2017.03.012>

### 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>

### 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>

### 智能配电终端技术现状分析与市场前景探讨

Analysis of Technology Situation and Discussion on Market Potential for Intelligent Power Distribution Terminal  
南方能源建设. 2016, 3(z1): 88-92 <https://doi.org/10.16516/j.gedi.issn2095-8676.2016.S1.019>

# 中压配电网线损实时同步监测系统设计方案研究

劳永钊<sup>1</sup>, 吴任博<sup>1</sup>, 肖健<sup>1</sup>, 徐全<sup>2</sup>, 陈吕鹏<sup>3,✉</sup>

(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 510530;  
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] 中压配电网线损是衡量电网企业经济效益的一项重要指标。目前, 由于部分地区, 数据采集无法实现同步, 线路拓扑关系无法实时更新等原因。导致电网企业在计算线损时存在较大的管理线损。利用配电网同步相量测量终端搭配配电网线损实时分析平台进行线损管理, 是解决线损异常问题的有效途径。[方法] 首先分析了中压配电网线路线损问题的异常要因, 提出了提高线损精准度的思路。然后介绍了同步相量测量技术, 提出同步相量测量架构, 最后提出了线损实时同步分析平台的功能需求。[结果] 基于广州某地区示范工程电网作为研究基础, 根据该电网的实际情况和需求, 提出基于同步相量测量的中压配电网线损实时同步分析设计方案。[结论] 研究方案为配电网线损管理和治理提供了有效方向和工程经验。

**关键词:** 同步相量测量; 配电网网损; 实时线损; 监测系统; 设计方案

中图分类号: TM7; TM756.2

文献标志码: A

文章编号: 2095-8676(2022)S1-0139-08

开放科学(资源服务)二维码:



## Research on Design Scheme of Real-Time Synchronous Monitoring System for Line Loss of Medium Voltage Distribution Network

LAO Yongzhao<sup>1</sup>, WU Renbo<sup>1</sup>, XIAO Jian<sup>1</sup>, XU Quan<sup>2</sup>, CHEN Lüpeng<sup>3,✉</sup>

(1. Guangzhou Power Supply Bureau, Guangdong Power Grid Co., Ltd., Guangzhou 510620, Guangdong, China;

2. CSG Electric Power Research Institute, Guangzhou 510530, Guangdong, China;

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

**Abstract:** [Introduction] The line loss of 10 kV distribution network is an important indicator to measure the economic benefits of power grid enterprises. At present, due to some areas, data collection cannot be synchronized, and the line topology relationship cannot be updated in real time. As a result, power grid companies have greater management line losses when calculating line losses. Using the distribution network synchronous phasor measurement terminal with the distribution network line loss real-time analysis platform for line loss management is an effective way to solve the problem of abnormal line loss. [Method] Firstly, it analyzed the abnormal main causes of the line loss of the medium voltage distribution network, and put forward the idea of improving the accuracy of the line loss. Then, the synchronous phasor measurement technology was introduced, and the synchronous phasor measurement architecture was proposed. Finally, the functional requirements of the line loss real-time synchronization analysis platform were proposed. [Result] Based on the power grid of a demonstration project in a certain area of Guangzhou as the research basis, according to the actual situation and needs of the power grid, the basis A design scheme for real-time synchronous analysis of line loss in 10 kV distribution network based on synchronous phasor measurement. [Conclusion] The solution in this paper provides effective direction and engineering experience for line loss management and governance of distribution network.

**Key words:** synchronous phasor measurement; distribution network loss; real-time line loss; monitoring system; design plan

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: 2021-07-20 修回日期: 2021-09-23

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)

线损是电网企业衡量经济效益和经营管理水平的一项重要技术经济指标。在电网电价整体水平持续下降的背景下,做好线损管理,降低线损率,有助于提升电网企业的经济效益<sup>[1-3]</sup>。

随着国家“双碳”目标的提出,电网公司积极响应国家节能减排工作部署,全面推进节能降损工作的实施,在输电线路线损管理方面取得一定的成效<sup>[4]</sup>。然而,配电网作为服务用户的“最后一公里”,结构复杂,数量较多,目前在配电网线损管理方面仍然存在不足。研究配电网线损实时同步分析方法对提升电网公司整体效益有着重要意义<sup>[5]</sup>。

尽管目前在中低压配电网线损管理方面有明确的分析和计算方法,明确的考核指标以及相关的线损治理措施。但由于部分地区配电设备较为落后,采集准确度不高,数据采集无法实现同步,线路拓扑关系无法实时更新等原因,导致电网企业在计算线损时存在较大的管理线损,依旧需要人工进行现场筛查,直接影响后续线损治理工作的有效进行。

在配电网发展日益扩大,配网自动化水平逐步提升的大背景下,利用配电网同步相量测量终端提升数据采集的准确度和同时性<sup>[6]</sup>,打通电网内各平台数据接口,搭建配电网线损实时分析平台,获取实时动态完整的“站-线-变-户”拓扑关系,是解决线损计算准确度不高的重要举措<sup>[7-8]</sup>。

针对新形势下配电网变化趋势,亟需研究基于同步相量测量的中压配电网线损实时同步分析设计方案。本文首先针对中压线损异常产生的原因进行总结和分析,然后介绍了同步相量测量的基本原理,其次提出了多系统数据融合的线损实时同步分析平台的功能设计方案,最后介绍了基于广州某地区配电网线损实时同步分析的设备布点设计方案。

## 1 中压线路线损问题

### 1.1 同期线损简述

电网企业对线损进行考核的主要方式是进行线损统计。线损主要分为理论线损和管理线损。理论线损也称为技术线损,是电能经输电线路或公用设备上传输而产生的损耗,此部分损耗不可避免,可通过提升网架水平进行治理,但提升空间较小。而管理线损是电网企业在线损管理中存在失误而导致的电能损耗,理论上可以大幅度降低。目

前线损治理工作重点关注降低管理线损方面<sup>[9-10]</sup>。

同期线损是指供电量与售电量的统计周期需要完全一致,同步性越高,所统计计算的线损则更将接近真实情况。同期线损的计算方式如下<sup>[11]</sup>:

$$\mu = \frac{Q_i - Q_o}{Q_i} \quad (1)$$

式中, $\mu$ 为同期线损率; $Q_i$ 为同期供电量; $Q_o$ 为同期售电量。同期线损的考核周期通常为月,也可依据需要进行年度或日进行考核。在计量终端采集的准确度和同步性可以得到满足时,颗粒度可以进一步细化,实现线损实时同步分析。

### 1.2 同期线损异常要因

中压线路拓扑关系示意图如图1所示。中压线损的统计主要涉及到变电站关口计量、专变用户负控终端计量以及公变终端计量。

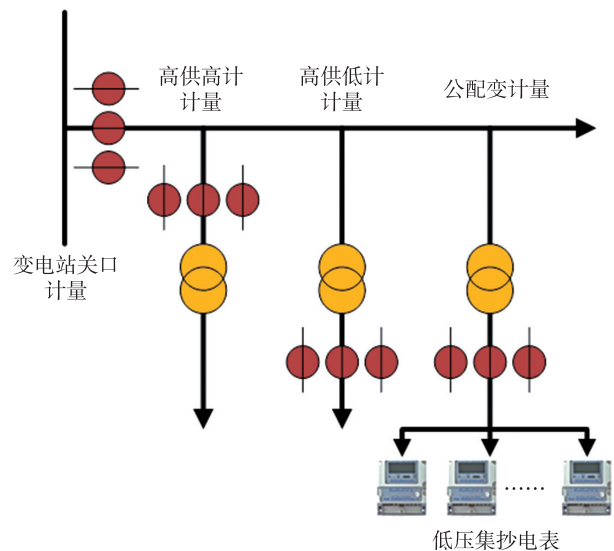


图1 线路拓扑关系示意图

Fig. 1 Line topology diagram

一般情况下,造成中压线路线损率异常的原因主要包括采集异常、计量异常、台账错误、运行方式问题等,具体如图2所示。

### 1.3 提高同期线损计算水平的思路

进一步分析可知,解决中压线损异常问题可从计量终端和线损分析平台两方面入手,分别实现线损“能算”和“算准”的要求。

#### 1) 计量终端

线损“能算”需要持续提高计量自动化覆盖工作,增加线损可算线路数据,为进一步线损治理提供数据来源支持。提高计量终端数据监测颗粒度,提高

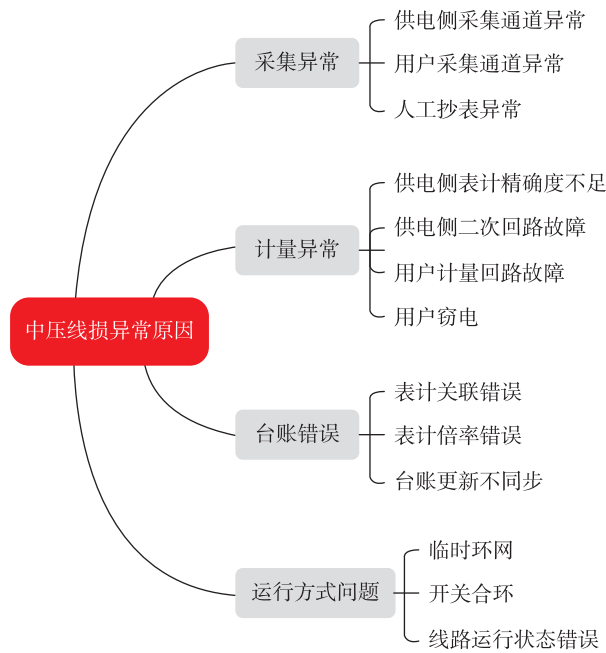


图 2 中压线损异常原因

Fig. 2 Causes of abnormal 10 kV line loss

计量数据同步性, 为实现实时线损分析提供数据支持。

同步相量测量终端具有上传速率和动态响应速度快的特点, 在动态或是稳态下, 均能满足严格的精度考核指标; 同时量测数据通过北斗/GPS 同步授时可带全网统一的时标, 利用同步相量测量终端可有效提高线损。

### 2) 线损分析平台

线损“算准”需要实时同步的台账信息和“站-线-变-户”的拓扑关系作为支撑。目前绝大部分地区的电网企业仍未能打通各系统之间的业务壁垒。计量自动化系统无法实时获取配电 GIS 系统、营销 MIS 系统以及配网自动化系统的业务数据, 未能实现数据共享, 线损计算公式仍需人工手动设置。对于中压线路的负荷分割、运行方式变更、以及用户业扩或销户等情况, 无法及时反馈到计量自动化系统中, 进而导致目前中压线路线损异常问题尤其凸显。因此, 建立多系统数据融合的线损实时同步分析平台, 实现营销、计量、生产等数据信息的交流互通, 才能将中压线路线损“算准”。

## 2 同步相量测量

### 2.1 同步相量的表示

同步相量为以标准时间信号作为数据采样的

基础, 通过对采样数据的进一步计算而得的相量。假设有一模拟信号  $i(t) = \sqrt{2} I \cos(\omega_0 t + \varphi)$ , 对应的相量为  $I \angle \varphi$ 。其中,  $I$  是有效值;  $\varphi$  为初始相位,  $\omega_0$  为角频率。则系统频率为  $f_0 = \omega_0 / 2\pi$ 。当  $i(t)$  的最大值出现在同步时钟的秒脉冲时, 初相位为 0 度。

相量的相角与频率有关, 可表示为:

$$\varphi = 2\pi(f - f_0)t + \varphi_0 \quad (2)$$

当相量的幅值保持不变时, 相角与频率存在以下关系。

$$\frac{d\varphi}{dt} = 2\pi(f - f_0) \quad (3)$$

### 2.2 同步授时原理

同步相量测量是基于终端采集的模拟信号对采样点的电压电流的有效值和相角进行计算。同一信号的相量测量在不同的时间基准下, 计算测量结果会产生差异。因此需要通过全球同步卫星为同步相量测量提供统一的时间基准点, 在此基础上。相量测量的结果才具有意义, 不同的信号可以进行对比, 测量数据具有同步性<sup>[12]</sup>。

同步相量测量装置以北斗/GPS 系统同步授时信号为基准点, 锁定卫星同步时钟的 1 PPS 秒脉冲信号, 每 1 PPS 的上升沿和每秒首次相量测量的采样时刻同步, 同步误差不超过  $\pm 1 \mu s$ 。同步相量测量授时原理如图 3 所示。

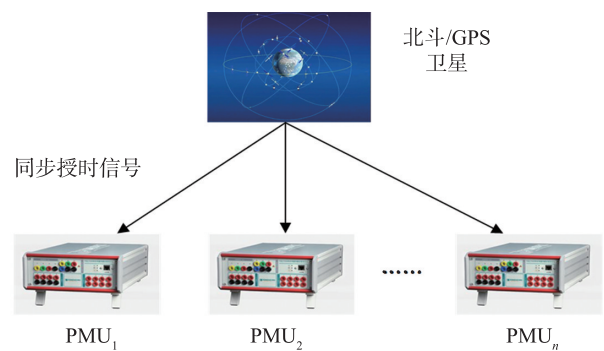


图 3 同步相量测量授时原理

Fig. 3 Timing principle of synchronous phasor measurement

### 2.3 同步相量测量算法

#### 2.3.1 过零检测法

过零检测法是利用测量信号的过零点时刻与标准频率信号对比得到相位差, 以及有相邻两次过零点时刻计算得到频率信息。

### 2.3.2 以泰勒加权最小二乘法为基础的时域算法

泰勒加权最小二乘法建立了动态相量模型，采用泰勒级数逼近动态变化的幅值和相角，从而测量得到同步相量信息。

### 2.3.3 以傅里叶变换为基础的频域算法

离散傅里叶变换 (Discrete Fourier Transform, DFT) 的基本思路是，首先将非正弦周期信号在频域进行分解，分别计算基波和谐波相量的有效值和相位的。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 可有效大幅度降低计算量。但在同步测量时需对输入原始信号进行加窗处理，以解决频谱泄露和栅极效应现象，并对计算结果进行差值修正<sup>[13]</sup>。

## 2.4 同步相量测量架构

同步相量测量终端架构框图示意图如图 4 所示。

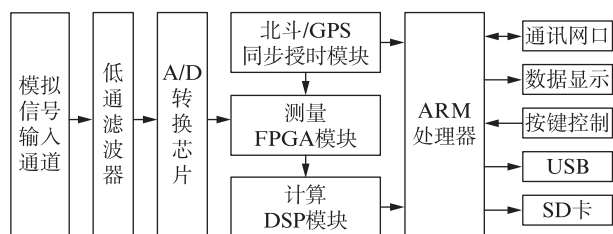


图4 同步相量测量终端架构框图

Fig. 4 Structure block diagram of synchronous measuring device

同步相量测量终端构成一般包括：模拟信号输入通道、滤波模块、A/D转换芯片、测量FPGA模块、计算DSP模块、ARM处理器、北斗/GPS同步授时模块、通信模块、显示模块、存储模块等。

同步相量测量流程如下：

- 1) 线路三相电压和三相电流分别经电压互感器和电流互感器接入同步相量测量终端。
- 2) 模拟信号经模拟信号输入通道注入同步相量测量终端，后续进行信号滤波和A/D转换。
- 3) 结合北斗/GPS同步授时信号和同步相量测量算法，形成同步相量测量数据帧。
- 4) 将相量测量数据帧上传同步相量测量主站，在主站侧按需进行电量冻结计算。为实时线损计算提供高颗粒度的数据基础。

## 3 线损实时同步分析平台

电网企业各类系统因其设计建设的目标不同，平台架构、开发逻辑各有不同。营配调数据无法及时共享更新，导致无法满足线损业务的实时动态管理需要。而单纯打通数据接口，在计量自动化系统进行升级也有可能就会导致系统运维压力大大提升。因此，构建线损实时同步分析平台，实现对各系统档案信息数据共享、自动解析网架实时拓扑信息，实时追踪拓扑变化信息变更线损公式，是实现线损实时多时间尺度下的分析和精准计算的有效途径<sup>[14-15]</sup>。

### 3.1 基础资料管理

采用电子化移交的方式保证计量自动化系统、配网GIS系统和营销系统等台账信息能够及时更新。实现数据档案的动态维护，其目的是保证“站-线-变-户”的拓扑关系的准确性，这是分线线损计算准确性的有效保证。

### 3.2 系统数据融合集成

实现各系统数据融合，是建立精准“站-线-变-户”的拓扑关系的关键。表1展示了构建线损实时同步分析平台所需的各系统数据资料。

表1 各系统提供的数据资料  
Tab. 1 Data provided by each system

系统名称	数据
计量自动化系统	各类电能数据,同步相量测量数据,计量台账等
营销管理系统	客户档案资料、终端资料、表计资料等
生产管理系统	转供电、线变关系变更信息、线路、变压器等设备变动信息等
配网自动化	配网运行方式变更信息、全网动态拓扑关系等
配网GIS	配网拓扑基础档案关系等
同步相量测量主站系统	高颗粒度的冻结电量数据

通过各系统的数据对接。线损实时同步分析平台可有效获取最新的变电站、线路、变压器、用电客户和用户表计档案和关系以及计量数据有效实现营销、计量、生产等数据信息的互通，为线损精确计算提供基础。

同时，通过比对分析来自不同系统的同一数据，可校验真实数据的正确性，提高线损分析精确程度。

### 3.3 线损自动计算流程

线损实时同步分析平台进行线损自动计算的流

程如下:

1) 由各系统数据获取电源信息、拓扑关系、档案信息、计量数据以及PMU监测冻结数据等数据。并实现多数据源对比纠错, 整理融合共享数据库。

2) 系统平台自动生成各类线损的计算公式, 也可提供人工输入方式, 依据用户需要建立起线损模型。

3) 按照计算频度的时间周期和电量计算规则, 提取出各计量点电量。线损数据的计算频度可依据用户需要分为分钟、日、周、月等多种。

4) 汇总计量点电量, 进行公式化计算, 得出线损数据。

### 3.4 线损异常分析

通过打通各平台数据壁垒, 线损实时同步分析平台可对线损进行实时计算。但由于各平台数据难免存在错误或异常, 导致线损计算仍然有可能存在异常。需要进一步进行排查, 对异常系统数据进行整改。

线损异常分析执行流程如图5所示。

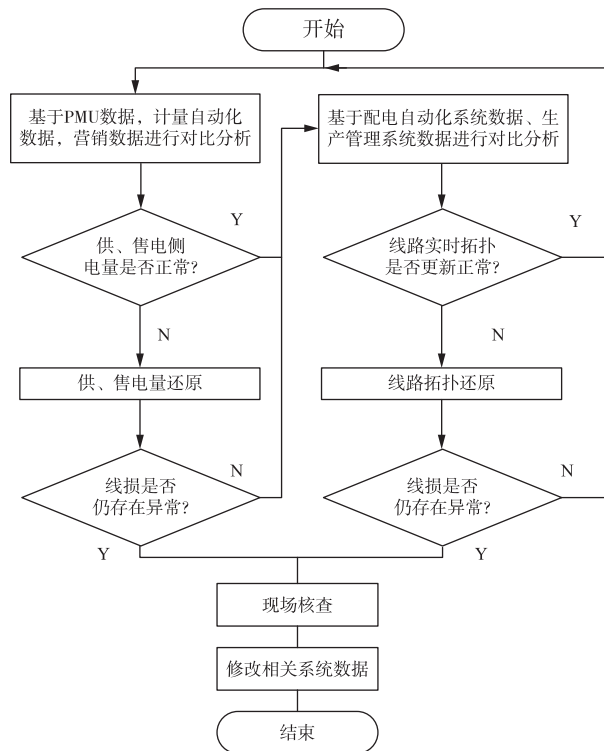


图5 线损异常分析执行流程

Fig. 5 Line loss abnormal analysis execution process

## 4 案例方案设计

本文以广州某地区示范工程电网作为研究基础, 根据该电网的实际情况和需求, 提出基于同步相量测量的中压配电网线损实时同步分析设计方案。在同步相量测量终端布点方面, 充分考虑示范区域配电网的网架架构、以及现场实施条件, 提出安装部署方案。

### 4.1 示范工程概况

示范工程同步相量监测安装点网络接线图如图6所示。

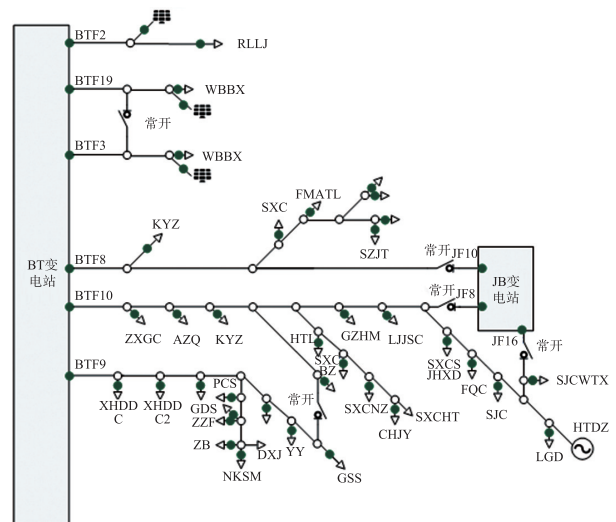


图6 示范工程同步相量监测安装点

Fig. 6 Installation point of synchronous phasor monitoring in demonstration project

### 4.2 同步相量监测安装

同步相量监测安装示例图如图7所示。



图7 同步相量监测安装示例

Fig. 7 Installation example of synchronous phasor monitoring

110 kV及以上变电站侧配网部署在变电站主控室内, 借鉴测控保护装置的经验, 采用屏柜室安装, 节约安装空间, 便于现场施工调试及运维管理。

对于中压公共配电房及用户侧配电房, 则借鉴DTU的安装模式, 采用壁挂式安装, 配网同步相量

测量装置安装于壁挂式柜内，同时在柜内安装有备用电池。

对于户外的杆塔，则借鉴 FTU 的安装模式，采用挂式安装，并安装有蓄电池。

#### 4.3 平台主站设计架构

在明确线损实时同步分析平台的功能需求后，

完成主站的总体设计方案。图 8 为线损实时同步分析平台架构设计图。PMU 数据采集和多维数据分析模块将使用 SPARK 流处理架构，在数据库层面使用多维数据融合研究成果设计数据表单，通过数据清洗模块进线数据清洗，然后通过预响应内存访问为高级应用提供高频数据流。

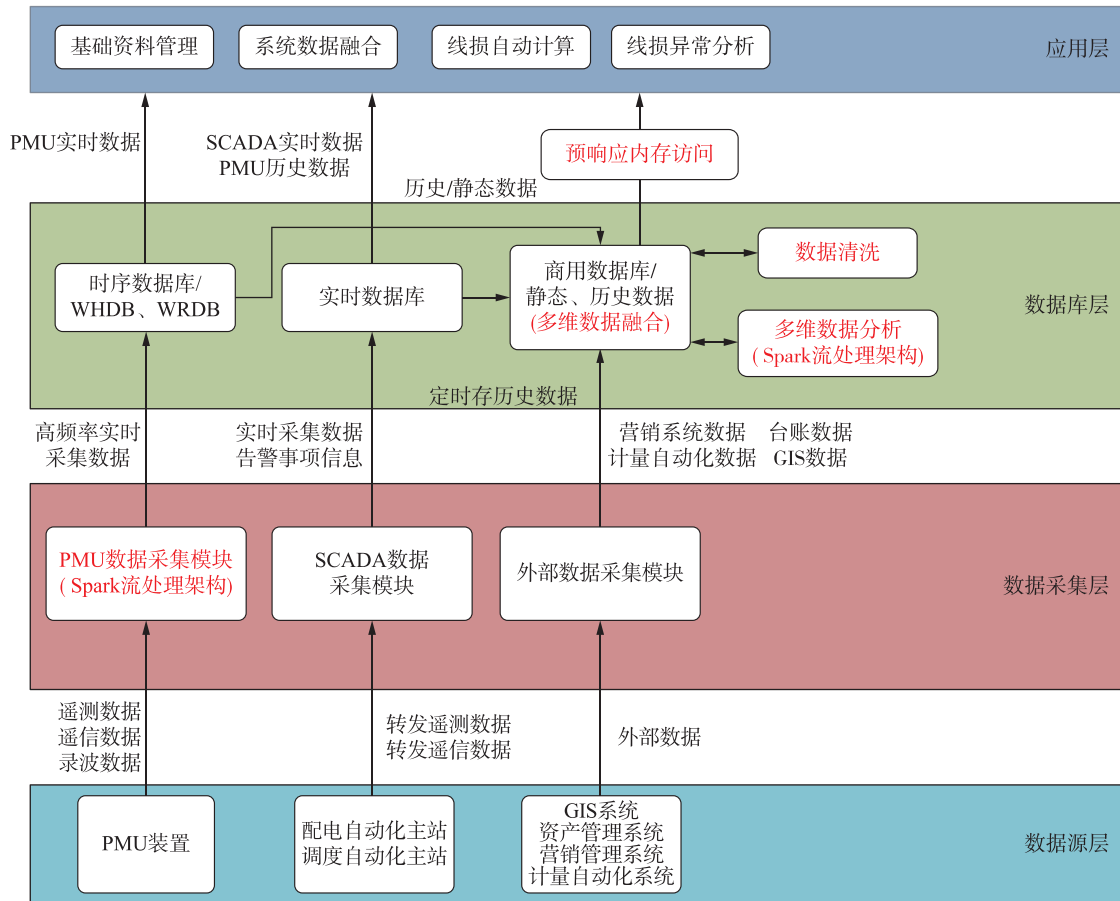


图 8 线损实时同步分析平台架构设计

Fig. 8 Architecture design of line loss real time synchronous analysis platform

## 5 结论

本文详细分析总结了中压线路线损问题要因、同步相量测量技术、线损实时同步分析平台以及案例方案设计。

1) 分析了中压配电网线路线损问题的异常要因，提出了从计量终端和线损分析平台两方面入手，分别实现线损“能算”和“算准”的思路。

2) 介绍了同步相量测量技术，提出同步相量测量架构。该技术可有效提升电量计量的准确性和同步性，可进一步提升线损计算准确度。

3) 提出了线损实时同步分析平台的功能需求，通过该平台的功能应用，可全面提升配电网的线损监测水平，提高线损管理人员的工作效率。

4) 基于广州某地区示范工程电网作为研究基础，根据该电网的实际情况和需求，提出基于同步相量测量的中压配电网线损实时同步分析设计方案。

本文工作为配电网线损管理和治理提供了有效方向和工程经验。在进一步推广应用时，需要结合不同区域电网特点和系统平台建设情况，调整设计方案，提高经济性。

## 参考文献:

- [1] 庄远灿,朱建全,黄俊铭. 基于计量自动化系统的配电网线损特征及影响因素分析[J]. 南方能源建设, 2017, 4(3): 63-68+74. DOI: 10.16516/j.gedi.issn2095-8676.2017.03.012.  
ZHUANG Y C, ZHU J Q, HUANG J M. Analysis of line loss characteristics and influencing factors of distribution network based on metrological automation system [J]. Southern Energy Construction, 2017, 4(3): 63-68+74. DOI: 10.16516/j.gedi.issn2095-8676.2017.03.012.
- [2] 孙东雪,王主丁,商佳宜,等. 计及电价和电量分摊的配电网项目经济评价[J]. 电网技术, 2019, 43(10): 3632-3640. DOI: 10.13335/j.1000-3673.pst.2019.0446.  
SUN D X, WANG Z D, SHANG J Y, et al. Economic evaluation of distribution network projects with electricity price and consumption allocation involved [J]. Power System Technology, 2019, 43(10): 3632-3640. DOI: 10.13335/j.1000-3673.pst.2019.0446.
- [3] 郝思鹏,蔡欣灵,张仰飞,等. 三相不平衡与线损的量化分析[J]. 电网技术, 2021, 45(4): 1547-1552. DOI: 10.13335/j.1000-3673.pst.2020.0216.  
HAO S P, CAI X L, ZHANG Y F, et al. Quantitative analysis between three-phase unbalance and line losses [J]. Power System Technology, 2021, 45(4): 1547-1552. DOI: 10.13335/j.1000-3673.pst.2020.0216.
- [4] 潘英. 能源战略下的能源电力发展方向和碳排放问题[J]. 南方能源建设, 2019, 6(3): 32-39. DOI: 10.16516/j.gedi.issn2095-8676.2019.03.006.  
PAN Y. Energy power development direction and low carbon emission under energy strategy [J]. Southern Energy Construction, 2019, 6(3): 32-39. DOI: 10.16516/j.gedi.issn2095-8676.2019.03.006.
- [5] 李滨,严康,罗发,等. 最优标杆在市级电网企业线损精益管理中的综合应用[J]. 电力系统自动化, 2018, 42(23): 184-191. DOI: 10.7500/AEPS20180129003.  
LI B, YAN K, LUO F, et al. Comprehensive application of optimal benchmarking in line loss lean management of city-level power grid enterprises [J]. Automation of Electric Power Systems, 2018, 42(23): 184-191. DOI: 10.7500/AEPS20180129003.
- [6] 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.
- [7] 夏澍,王乃盾,史媛,等. 电缆配电网的线-变-表拓扑异常辨识方法[J]. 电力系统保护与控制, 2019, 47(11): 44-50. DOI: 10.19783/j.cnki.pspc.180726.  
XIA S, WANG N D, SHI Y, et al. Line-Transformer-Meter topology anomaly identification method for cable distribution network [J]. Power System Protection and Control, 2019, 47(11): 44-50. DOI: 10.19783/j.cnki.pspc.180726.
- [8] 王雷,陈莹,杨茗,等. 基于云平台的计量运行数据深化应用与故障智能识别研究[J]. 电测与仪表, 2020, 57(7): 87-92+105. DOI: 10.19753/j.issn1001-1390.2020.07.014.  
WANG L, CHEN Y, YANG M, et al. Research on deepening application and fault intelligent recognition of metering operational data based on cloud platform [J]. Electrical Measurement & Instrumentation, 2020, 57(7): 87-92+105. DOI: 10.19753/j.issn1001-1390.2020.07.014.
- [9] 王佳,张杨,顾岳峰,等. 基于线损数字化平台的台区管理线损影响因素判别库的建设与应用[J]. 华东电力, 2014, 42(4): 738-742.  
WANG J, ZHANG Y, GU Y F, et al. Construction and application of area management database for line loss factor discrimination based on digital platform [J]. East China Electric Power, 2014, 42(4): 738-742.
- [10] 宋新德,袁鸣峰,山宪武,等. 基于评价序列矩阵SVD优化标杆的电网企业线损闭环管理分析[J]. 重庆理工大学学报(自然科学版), 2019, 33(12): 156-160+168. DOI: 10.3969/j.issn.1674-8425(z).2019.12.022.  
SONG X D, YUAN M F, SHAN X W, et al. Line loss closed-loop management analysis of power grid enterprises based on SVD optimization benchmark of evaluation sequence matrix [J]. Journal of Chongqing University of Technology (Natural Science Edition), 2019, 33(12): 156-160+168. DOI: 10.3969/j.issn.1674-8425(z).2019.12.022.
- [11] 李冰若,夏澍. 基于多系统数据信息交互的10 kV分线线损分析[J]. 上海电力, 2018, 31(4): 27-32.  
LI B R, XIA S. Analysis of 10 kV distribution line loss based on multi-system data information interaction [J]. Shanghai Electric Power, 2018, 31(4): 27-32.
- [12] 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.
- [13] 黄志,张峰,张士文,等. 一种基于FPGA的电能量算法研究[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.
- [14] 李端超,王松,黄太贵,等. 基于大数据平台的电网线损与窃



电预警分析关键技术 [J]. 电力系统保护与控制, 2018, 46(5): 143-151. DOI: 10.7667/PSPC170281.

LI D C, WANG S, HUANG T G, et al. Key technologies of line loss and stealing electricity prediction analysis based on big data platform [J]. Power System Protection and Control, 2018, 46(5): 143-151. DOI: 10.7667/PSPC170281.

- [15] 窦健, 刘宣, 卢继哲, 等. 基于用电信息采集大数据的窃电方法研究 [J]. 电测与仪表, 2018, 55(21): 43-49. DOI: 10.3969/j.issn.1001-1390.2018.21.008.

DOU J, LIU X, LU J Z, et al. Research on electricity anti-stealing method based on power consumption information acquisition and big data [J]. Electrical Measurement & Instrumentation, 2018, 55(21): 43-49. DOI: 10.3969/j.issn.1001-1390.2018.21.008.

#### 作者简介:



#### 劳永钊 (第一作者)

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

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。

#### 肖健

1976-, 男, 江西永新人, 高级工程师, 博士, 主要从事调度自动化运行管理工作 (e-mail) dilly01@163.com。

#### 徐全

1989-, 男, 安徽桐城人, 工程师, 主要从事智能配电网及智能传感研发 (e-mail) whyxq@163.com。

#### 陈吕鹏 (通信作者)

1995-, 男, 海南文昌人, 硕士, 主要从事配电网规划设计 (e-mail) chenlypeng@gedi.com.cn。

#### 项目简介:

**项目名称** “配电网广域测量控制技术研究与应”(2017YFB0902900)

**承担单位** 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、南方电网科学研究院有限责任公司

**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)在充分考虑技术经济性的基础上, 根据示范区域的业务需求, 提出配电网广域测量控制系统的体系框架及部署方案。

(责任编辑 郑文棠)



多源数据融合与处理平台  
2019年5月16日下午5:11:02