

# 基于一体化设计的配电网低电压监测系统

杨 锐<sup>1</sup>, 惠 琪<sup>1</sup>, 彭 兵<sup>2</sup>, 唐道伟<sup>2</sup>

(1.电南瑞科技股份有限公司, 江苏 南京 211000;

2.南京南瑞继保电气有限公司, 江苏 南京 211102)

**摘 要:** 结合低电压治理工作, 介绍了目前配电网低电压监测系统发展现状和存在的不足; 基于一体化的设计思路, 提出系统的设计原则和功能说明; 系统采用分层式的总体架构, 并重点在数据采集、数据生成、数据应用等多个环节进行标准化规范工作; 考虑低电压综合治理工作, 拓展系统的应用领域, 并强化与现有系统的数据融合, 增强系统的集成能力; 该系统可以提升配电网低电压监测工作的规范化、实用性和集成性, 保障了全测点覆盖和全过程管理, 为实现低电压治理的闭环管控提供了有力支撑, 进而可以提升配电网低电压管理工作的精益化水平。

**关键词:** 配电网; 低电压监测; 一体化; 标准化

## 0 引言

供电电压质量是电力监管的重要内容, 政府对供电质量动态监测和数据分析方面的要求在不断提升, 国家电监会多次强调供电质量方面的突出问题, 包括电压合格率不准确、数据不真实、电压监测设备的安装数量和布点不符合要求等问题。同时, 电压质量也是电网生产运行质量的重要监控指标, 直接关系到电网经济运行和优质服务水平, 电网公司正在不断加强及落实电压监测专业管理工作, 建立和完善相关的规章制度<sup>[1]</sup>。国家电网公司在《农村“低电压”治理典型方法》中就做出明确要求: 要充分利用具备电压质量监测功能的仪器、仪表, 建立健全电压质量监测网络。

研究应用配电网低电压监测系统, 对定位低电压问题产生的原因, 提出预防改进措施, 进而提高配电网的安全可靠运行都具有十分重要的意义。一直以来, 配电网电压监测只选有代表性的监测点, 电压监测不全面, 缺乏足够的数据分析, 会造成配电网的电压无功调整不及时, 无法保证供电质量的长期稳定性。近年来, 随着国家对低电压治理问题的不断重视, 以及高级量测和信息化技术的快速发展, 配电网电压采集系统的研究和建设工作正在逐步推进, 不过发展过程中

存在的一些问题也不应忽视。一方面, 标准化工作还需深入, 由于监测范围点多面广, 需要特别重视采集数据的规范化工作, 避免采集信息的缺失或无效; 另一方面, 要提升系统整体设计的实用性和集成性, 从实际生产运行的角度出发, 丰富系统的应用领域并强化数据的共享互通。

遵循“规划为先、监测为重、全面治理”的低电压治理方针, 基于一体化的设计思路, 建设并完善以电压监测装置为主的低电压监测系统, 在数据采集、数据生成、数据应用等多个环节进行标准化规范工作, 同时拓展低电压监测系统的集成应用能力, 从而实现低电压监测系统的标准化、规范化和集成化, 保障低电压监测系统的全测点覆盖和全过程管理, 为实现低电压治理的闭环管控提供有力支撑。

## 1 设计原则

配电网低电压监测系统的目标是对各供电电压监测点的数据实现自动采集和汇总, 实现供电部门的分级管理, 实时有效地监测配电网电压质量的现状, 便捷灵活地形成各类电压分析统计报表, 提供多种电压质量的分析手段。在实施过程中应尽量遵循以下的设计原则:

1) 标准先行: 制定统一标准指导工作开展, 实现数据格式、通信规约、接口标准、数据采集等方面的统一, 能够实现不同厂家、不同类型监测装置的统一接入, 实现不同运行管理系统

的数据接入；

2) 一体化建设：支持“省—地区—县”的监测模式，能够进行全网供电电压监测；

3) 分级管理：运行维护等工作由各级责任单位管理实施，有效落实低电压治理工作；

4) 数据真实化：确保监测数据的真实性，通过对数据的实时监测及分析，能够为运行管理提供科学依据；

5) 统计考核到日：为切实提高电压合格率，需要统计考核到日，并根据电压监测情况及时调整运行方式，采取相关管理措施，满足一体化管理要求；

6) 报表生成自动化：通过自动化生成报表，替代现有繁琐的人工报表整理工作；

7) 异常定位及原因分析：通过监测数据的采集及分析，能够方便、快速定位到异常监测点及异常原因，为运行和管理服务；

8) 配合低电压治理集中建设：实现无功设备台帐、运行工况、投切状态、功率因数统计与相关分析等功能。

## 2 功能说明

依据相应标准规范，并考虑现场运行实际，配电网低电压监测系统应具备以下主要功能<sup>[2-3]</sup>：

### 1) 电压监测设备管理

建立电压监测装置和无线数据采集终端等设备台帐，提供设备台帐维护和相关统计报表功能。

### 2) 监测点信息管理

提供对各类电压监测点相关属性的维护，如测点编号、测点名称、测点类别、安装位置、管理单位、抄表部门、地域性质、测点性质、电压等级、监测电压、电压限值、抄表方式、主供电源、仪表编号、通讯 ID 号等信息。

### 3) 数据采集

通过无线通信（GPRS、CDMA、3G）或以太网通信等方式，实现定时自动数据采集和实时信息召测功能，实现与电压监测装置的点对点通信功能。

### 4) 参数设置

能够查询当前运行设备的各项参数，支持远程设置运行参数及远程对时。

### 5) 数据查询统计

对电压值及统计数据分日、月、年统计，分 A、B、C、D 类负荷统计，形成各种报表，根据查询条件从数据库中检索数据，以曲线、图形或报表的形式显示或打印，可进行统计分析，并将数据导出。

### 6) 图表分析

以曲线、棒图等多种直观的形式反映统计分析结果及数据分析比较结果，包括月统计值波动曲线、月整点值波动曲线、日整点值波动曲线等分析，电压合格率同期比较曲线，分地区考核比较曲线等。

### 7) 系统管理

要求进入系统的操作人员，根据各自不同的岗位，赋予不同的权限，处理不同级别范围的资料，不同部门和岗位的使用者，其对记录的处理权限和操作界限的划分，应该保证各类记录保密工作的高度安全与可靠。

## 3 技术实现

### 3.1 系统架构

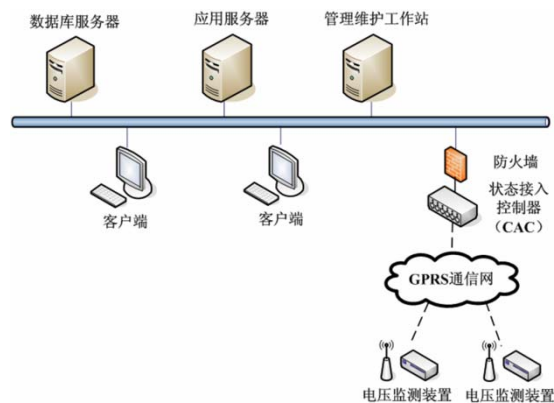


图 1 配电网低电压监测系统架构图

配电网低电压监测系统的硬件主要由各电压监测点电压监测装置、通信网络、状态接入控制器（CAC）、数据库服务器、应用服务器、管理维护工作站、各客户端等构成，系统架构如图 1 所示。其中，CAC 是以规定的格式对电压监测装置进行电压信息采集获取、转发及控制的一种接入层装置。同时，系统软件采用模块化结构设计，应具有很好的跨平台性、扩展性、开放性，应包括电压监测设备管理、监测点信息管理、参数设置、数据查询统计、图表分析及系统

管理等方面的功能。

配电网低电压监测系统的总体架构采用分层体系，自上而下可分为三个层级：主站层、接入层和装置层，如图 2 所示。系统分层体系的建立有利于推动配电网低电压监测系统的持续发展，使得各层技术更新的相互影响最小化。从技术发展的角度考虑，主站层应重点发展电压信息的存储、处理、分析和评估等大数据应用技术；接入层应重点发展数据的标准化接入技术；装置层应重点发展电压采集和标准化数据生成技术。

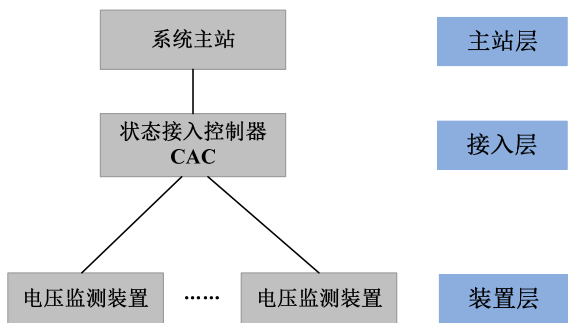


图 2 低电压监测系统分层结构

3.2 电压信息的大数据应用技术

低电压监测系统的主站系统采用电压信息的大数据应用技术，将电压信息进行归纳和抽象，建立数据的采集、转换、传输、存储和综合加工处理的统一系统框架，其系统组成包括：电压数据接入服务、数据处理、数据应用和数据存储，如图 3 所示<sup>[4]</sup>。

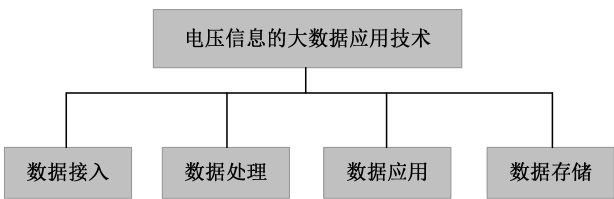


图 3 电压信息大数据应用技术的功能组成

1) 数据接入

主要功能包括：接收各类电压监测装置及其他相关装置系统发送的电压数据、统计数据和装置运行信息，并解析入库；转发主站系统发出的配置和控制命令；对进出主站系统的信息进行日志记录。

2) 数据处理

电压数据集中到数据库中后，主站系统对其进行加工处理，统计各类合格率数据，同时具备

异常信息提取、干扰过滤等功能。

3) 数据应用

主站系统提供标准开放的供电电压数据服务，并可为其它相关系统获取各类供电电压数据提供在线服务。电压数据应用服务提供单点和批量数据服务方式，以适应不同的应用场景需要，其发布的数据均带有标准的测点唯一标识，可以溯源分析。

4) 数据存储

电压数据采用省级集中、统一存储方式。所有监测点的分钟平均值数据和日月季年统计数据、综合供电电压合格率及分类电压合格率数据均集中保存至该数据库中。系统数据库基于企业级数据库构建，按照分钟级数据的采集频率，采用分区分表的存储技术来保证各类数据库操作的响应时间要求以及数据维护要求。

3.3 数据标准化接入技术

数据标准化接入技术主要应用于状态接入控制器（CAC），通过该技术的研究应用，使 CAC 具备了以标准方式对电压监测装置进行电压采集信息获取、转发及控制功能，具备了一定的数据缓冲能力及存储功能。

采用数据标准化接入技术的 CAC 在系统中发挥承上启下的枢纽作用，低电压监测系统可以通过 CAC 的部署确立系统的统一边界，实现电压监测装置的标准接入。CAC 应当接入指定范围内的电压监测装置，接入方式包括 GPRS、CDMA、3G 等，将采用统一接口定期向主站系统上传 CAC 自身及所有接入电压监测装置的状态信息，同时可以协调管理接入的电压监测装置，转发主站系统对电压监测装置的配置和控制命令。

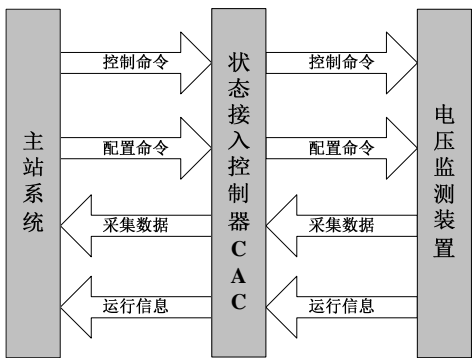


图 4 数据标准化接入技术的数据交互

各层之间传输的信息如图 4 所示，包括控制命令、配置命令、采集数据、运行信息等。

### 3.4 电压采集和数据标准化生成技术

电压监测装置包含通信、电压测量、统计、存储、显示等功能模块，是实现低电压监测系统的重要环节，存在着应用场合复杂、应用数量大、供应厂家多等特点。为了遵循标准先行和一体化的设计思路，应当规范电压监测装置的功能形式和数据标准，这对保障低电压监测系统的可靠性和兼容性尤为关键。基于以上考虑，从电压监测装置的功能结构和数据标准化两个方面出发，研究应用电压采集和数据标准化生成技术，以统一规范电压监测装置，为规模化的推广应用奠定基础。

电压监测装置的功能结构如图 5 所示，核心是嵌入式CPU内核，通过监测点PT接入实现监测信号的有效值采样，以每分钟的采样平均值作为该分钟的监测实时数据，根据设置的上下限值对每日每月的采样数据进行统计，对实时数据、统计数据等进行存储，并与主站系统进行通信远传，同时提供本地显示、本地维护调试等功能[5]。

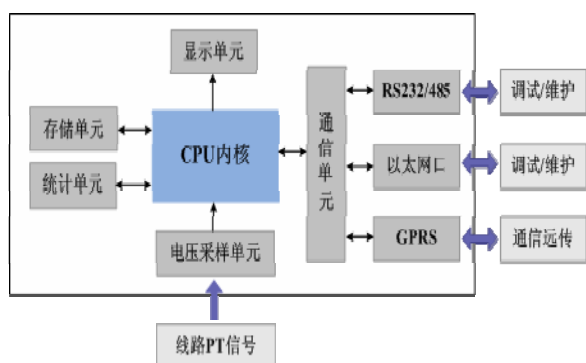


图 5 电压监测装置的功能结构

电压监测装置具备对数据进行预处理功能，生成标准化的数据信息，以防止数据干扰，遵循相关标准的统计算法要求，根据每秒采样数据计算出电压分钟平均值来代表电网实际运行电压，再分别按日、按月统计电压合格率、超上限率、超下限率、统计时间、电压合格时间、电压越上限时间、电压越下限时间、电压平均值、电压最大/小值及出现时刻[6]。

表 1 数据标准化生成

数据类型	数据内容
分钟平均数据	5min 整数倍的电压分钟平均值数据及监测时间
日/月统计数据	电压合格率、电压越上限率、电压越下限率、电压统计时间、电压合格时间、电压越下限时间、电压越上限时间、电压平均值、电压最小值、电压最小值发生时间、电压最大值、电压最大值发生时间
装置事件	电压越上限事件、电压越上限恢复事件、电压越下限事件、电压越下限恢复事件、装置上电事件、装置停电事件、装置复位事件
装置配置与状态	装置时间、通讯参数、监测点工作参数、装置工作状态、通信流量、装置 ID

## 4 扩展集成

### 4.1 低电压综合治理

为了提高低电压治理的实用效果和使用效率，需要充分挖掘各种治理措施的调节能力，加强各级电网的自动协调运行，实现低电压问题的综合治理，而低电压监测系统则是综合治理的依托，通过采集各类低电压治理设备的运行数据和运行状态，实现全负荷覆盖。表 2 列举了目前低电压监测系统的常见应用范围。

表 2 低电压监测系统的应用范围

应用场合	常见治理设备	负荷类型	监测系统
变电站中压母线	有载调压、SVC、SVG 等	A 类	低电压监测系统调度自动化系统
配电线路	可控串联电容、线路调压器等	B/C 类	低电压监测系统调度自动化系统用电信息采集系统
配电台区	调压调容变压器、无功补偿等	B/C 类	低电压监测系统调度自动化系统用电信息采集系统
终端用户	低压无功补偿等	D 类	低电压监测系统用电信息采集系统

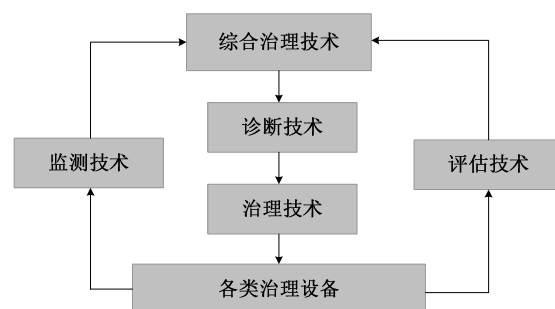


图 6 综合治理技术功能结构

综合治理技术的功能结构如图 6 所示。监测模块主要通过低电压监测系统，采集各类电压数据供诊断模块进行分析判断，并依据全网的拓扑结构，利用治理模块进行辅助决策，提供有针对性



性的低电压治理方案，并对各类治理设备进行调节控制，同时通过评估模块完成闭环控制，不断优化决策系统，完善治理措施，并为配电网规划设计提供有力依据，从而能够实现配电网低电压监测、诊断、治理、评估等多环节的综合控制。

4.2 集成架构

配电网低电压监测系统需要与多种系统协同运作，目前常见的是与调度自动化系统和用电信息采集系统进行数据共享，因此系统设计需要强化集成能力，充分考虑系统的边界和分工，充分发挥各自作用，避免重复开发和建设。目前调度自动化系统与用电信息采集系统中的数据由于不符合管理规范、数量较多等原因，首先需要对测点进行筛选，然后在系统主站中进行注册与状态变更<sup>[7]</sup>。

低电压监测系统与其他系统通过约定的数据格式进行交互，调度自动化系统与用电信息采集系统负责定期将电压监测点状态、供电电压合格率等数据按规定格式传输至指定目录，低电压监测系统读取解析入库<sup>[8]</sup>。系统集成架构如图 7 所示。

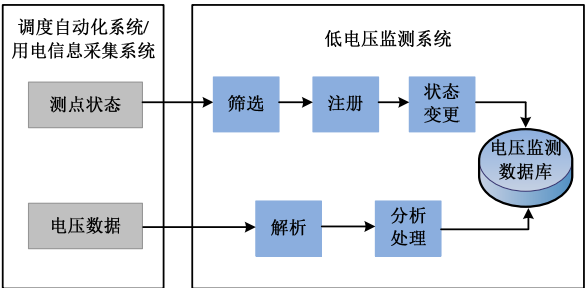


图 7 系统的集成架构

5 结束语

全面实现配电网电压数据的自动采集、加工、告警、展示、统计以及辅助分析等功能，可以提高电压合格率信息的及时性和准确性，进而可以提升配电网低电压管理工作的精益化水平。文中介绍了基于一体化设计的配电网低电压监测系统，从功能设计、技术实现、扩展集成等多方

面进行论述和分析，提出了提升系统标准化、规范化和集成化的建议和措施。由于低电压治理工作的迫切性和复杂性，建设并完善低电压监测系统已显得十分必要，同时可以为实现低电压闭环管控提供有力支撑。

参考文献：

[1] 吴劲晖. 供电电压监测综合管理系统的研究[D]. 北京: 华北电力大学电气与电子工程学院, 2012.

[2] DL/T 500-2009, 电压监测仪使用技术条件[S].

[3] Q/GDW 1819-2013, 电压监测装置技术规范[S]

[4] 曹军威, 袁仲达, 明阳阳. 能源互联网大数据分析技术综述[J]. 南方电网技术, 2015, 9(11): 1-12.

[5] 张磊, 李永刚, 杜大全. 基于 GPRS 的电压监测管理及辅助分析系统的设计[J]. 电气应用, 2013, 32(11): 42-44,61.

[6] 赵泽平. 云南电网无功电压监测管理系统设计[J]. 云南电力技术, 2013, 41(5): 87-88,93.

[7] 胡江溢, 祝恩国, 杜新纲. 用电信息采集系统应用现状及发展趋势[J]. 电力系统自动化, 2014, 38(2): 131-135.

[8] 张永梅, 邢邦中, 胡彭宁. 电力城网供电电压自动采集系统的研发和应用[J]. 电力信息与通信技术, 2014, 12(4): 74-78.

作者简介：

杨 锐（1984-），男，江苏扬州人，工程师，硕士，研究方向：配电自动化系统；

惠 琪（1985-），男，辽宁沈阳人，工程师，硕士，研究方向：用电信息化系统；

彭 兵（1986-），男，江西萍乡人，工程师，本科，研究方向：电力系统自动化；

唐道伟（1984-），男，湖北孝感人，工程师，本科，研究方向：电气工程。