

Research on Intelligent Power Distribution System Based on Control and Protective Switching Device

Xu Qiuyong / Guo Qiyi / Huang Shize / Wu Xiaojun / Qiu Dinghui

基于控制与保护开关的智能 配电系统研究

徐秋勇¹ / 郭其一¹ / 黄世泽² / 吴潇俊¹ / 仇丁辉³

1. 同济大学电子与信息工程学院, 上海 200331
2. 同济大学道路与交通工程教育部重点实验室, 上海 200331
3. 浙江中凯科技股份有限公司, 浙江 温州 325604

摘要 针对工厂自动化、智能化、数字化的发展现状以及工厂对设备实现智能控制和能耗计量与管理的应用需求,提出了以控制与保护开关(CPS)为核心的智能配电系统。系统具备友好的人机界面,能够实现数据采集处理、趋势分析、Web发布、事件记录及故障报警,特别是该系统能够实现与能耗管理系统、智能消防系统以及太阳能光伏发电系统的无缝连接,提高了企业的自动化生产水平和能源管理水平,积极响应了国家节能减排的政策要求,同时也是智能电网的重要组成部分。

关键词 控制与保护开关 能源管理 智能配电系统 智能电网

DOI:10.13857/j.cnki.cn11-5589/tu.2015.05.007

Abstract To meet the current development requirements of factory automation, intelligentization and digitalisation and plant application requirements for equipment to achieve the intelligent control and energy consumption metering and management, an intelligent power distribution system based on the control and protective switching device is presented here. The system has a friendly human-machine interface, supports the function of data acquisition and processing, trend analysis, web release, event logging and fault alarm. Especially the system can connect with the energy consumption management system, fire fighting system and solar photovoltaic system seamlessly. The implementation of this system increases the level of automation and energy management, moreover, it responds positively to the requirements of the national energy conservation policy and it is also an important part of the smart power grid.

Keywords control and protective switching device, energy management, intelligent power distribution system, smart power grid

0 引言

为了积极应对能源发展挑战,西方国家提出了智能电网的概念,并付诸实施,各国研究机构、电网

企业、制造商纷纷响应。智能配电是电力行业发电、输电、变电、配电、用电的用户端,是智能电网的重要组成部分。

智能配电系统是按用户需求,遵循配电系统标

准规范,利用先进的电子与微电子技术,应用于电气开关、断路器等配电设备,使之具备控制、测量、工作状态传送、保护参数远方设定、故障的判定、保护及记录等功能的电能管理系统;可结合网络通信技术实现远方集中监控、调度和分层分级管理,取代了人工值班、查抄仪表等人工工作,极大地提高了电力变配电系统的可靠性、安全性、快速性和实时性^[1-2]。目前的“智能配电系统”是以遥测、遥控、遥信和遥调技术为基础的变配电系统的通称。

在传统的配电系统中,通过“隔离开关+断路器+接触器+热继电器”来实现对设备的控制与保护。近年来,出现了控制与保护开关电器产品 CPS (Control and Protective Switching Device),能够以单一的元器件实现传统分立元器件的功能,缩小了体积,提高了可靠性,得到了越来越多的应用^[3]。

现有的配电系统正努力往智能化方向发展,但仍存在一些缺陷,短时间内依然无法满足智能电网的要求。虽然部分的低压电器已经具备了通讯接口,但各设备间通信不便,数据上传不通、下达不畅,无法从根本上实现电力自动化的目标,并且导致带有通讯接口的产品推广应用十分不理想^[4-5]。

本文提出了以可通讯 CPS 为核心器件的智能配电系统,该系统基于现场总线技术,采用多种现场总线架构,不仅能够实现现场设备的集中监控和信息管理,还能融入能耗管理,并无缝连接了智能消防系统和太阳能光伏发电系统。该系统不仅能满足智能电网的发展需求,同时亦提升了能源管理水平,提高了用电效率,符合节能减排的国家政策要求。

1 系统架构

系统的整体架构如图 1 所示。

系统采用分层分布式结构,分为现场设备层、网络通信层和系统管理层。

现场设备层采用可通讯的控制与保护开关 (KB0-E 和 KB0-T 系列) 和一些智能电表,可实现对现场设备的就地操作与保护控制,能采集各设备的耗能信息和报警信息,并通过通信模块将这些信息传送给主机。

网络通信层是现场设备层与系统管理层设备实现数据交换的通讯设备和通讯线路的总称。包

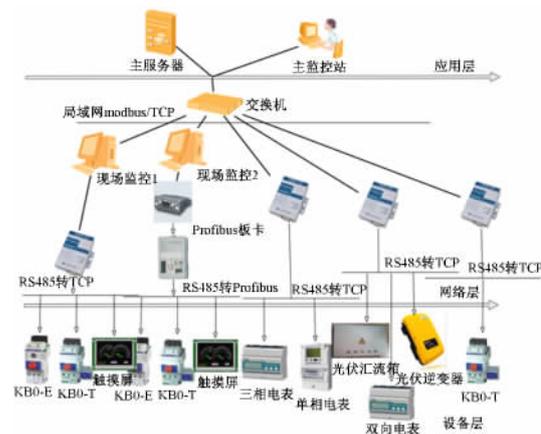


图 1 系统结构图

括以太网网关、以太网交换机、Profibus 网关、TCP 主站、DP 主站以及路由用的光缆、通讯电缆等。根据每个项目的实际情况,以及现场设备的数目,选择相应的总线及网络结构,配置相应的通讯设备。

系统管理层由服务器、监控主机、监控组态软件、模拟屏组成。监控主机采用高性能的工控机,结合各种监控组态软件实现智能配电系统的监控和管理功能^[6-7]。

2 控制与保护开关介绍

现场设备中的控制与保护开关,是整个系统的核心,不仅负责控制与保护现场设备,而且负责采集和上传现场信息,同时还要执行系统的各种指令和功能,以下做简单介绍。

本系统采用的可通信 CPS 为 KB0-E 和 KB0-T 系列,该系列 CPS 能够接通、承载和分断正常条件下和非正常条件下的电流,具有过载和短路保护功能,这些功能使 CPS 承受过电流后仍能恢复运行。

KB0-E 和 KB0-T 系列 CPS 是由主体和数字化控制器构成,具有数字式整定、显示和远程控制功能。该系列 CPS 数字化控制器采样电量信号,对所得结果进行分析和运算后发出相应处理指令,控制 CPS 主电路的通断^[1]。

3 智能配电系统功能

1) 友好的人机界面

庞大的系统具有多界面切换及界面导航的功能,从界面上可清晰直观地查看现场设备的一些重要信息,如:故障信息、配置参数信息、运行过程中

的电流值以及电流实时曲线等。用户可随时进入组态功能,便于用户在实际使用中根据实际情况对

系统进行一定的调整。智能配电系统人机界面的示意图如图2所示。



图2 智能配电系统人机界面

2) 数据采集处理

本系统能对现场设备的各个参数进行实时采集,并直观地显示在人机界面上。

3) 趋势曲线分析

本系统可生成实时曲线和历史趋势曲线,实时曲线直观地反映了设备当前的运行状况;而历史趋势曲线主要对设备用电情况的历史趋势进行分析,工程人员可根据需要自行选择合适的曲线。

4) 事件记录

系统将各种状态的变化和操作人员的活动情况记录到日志程序中,用户可以通过记录来对系统进行维护。

5) 故障报警

当所测量的参数值超过用户定义的极限值时,系统就会自动记录并发出警告。用户可自行设置报警方式,如声音报警、发送短信报警以及发送 E-mail 报警等^[8]。

6) Web 发布

通过 Web 功能,用户可以通过 IE 浏览器远程访问本系统的工程画面,包括全部动态数据和动画,而在客户端不需要安装任何组态软件。

4 系统关键技术研究

4.1 电控系统的对比

由 CPS 构成的系统与分立元器件构成的系统,如图3所示。

由图3可知,本系统采用 CPS 作为主要控制与保护开关设备,具有以下优点。

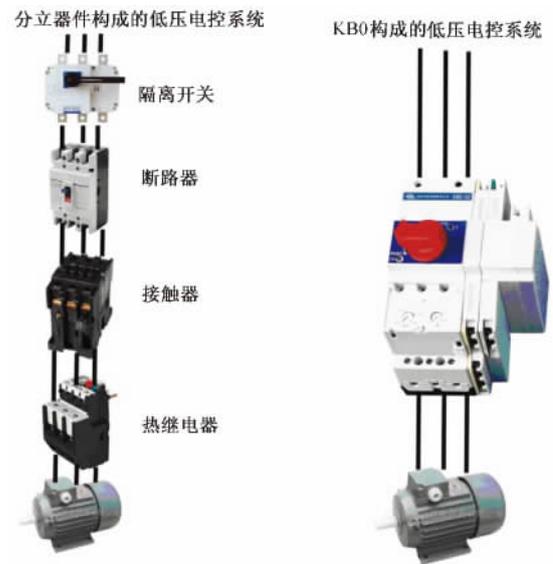


图3 电控系统对比

1) 以单一元器件取代了隔离开关、断路器、接触器、热继电器等分立元件,使系统更加直观简洁。

2) 由于使用单一元器件,不存在因器件采用不同标准而引起的配合不协调问题。

3) 分断短路故障后能继续运行,无需维护,节省了时间,提高了效率。

4) 只有6个接线端子接头(分立元器件需要24个),故障率低,温升点少,节约电能。

5) 只有6根电线电缆(分立元器件需要15根电线电缆),既节能又节材。

6) 本系统柜体体积仅为分立元件的1/3,减少柜体箱体尺寸,节约安装费用。

7) 本系统中若出现功能元件损坏,只需更换功能元件模块,不须更换整台产品,节约了维护费用。

4.2 上位机组态软件构成

作为系统核心组成部分,组态软件十分重要,配置一定要正确。本系统采用三维力控组态软件,其基本的程序及组件包括:工程管理器、人机界面、数据库组态、I/O 设备组态、后台组件和复合组件等,各部分协调配合,共同实现本系统功能^[9]。

4.3 系统功能集成

智能配电系统可与 DCS 系统、消防系统、能源管理系统和供电局调度系统等通讯,实现数据上传。本系统通过扩展,实现了与能源管理系统、消防系统以及光伏发电系统的无缝连接。

1) 能源管理系统

能源管理系统,就是通过采集、分析、处理各用能设备的运行信息,加以优化管理和资源整合,从而形成具有实时性、全局性和系统性的能效综合管理系统,是以楼宇内各用能设备基本运行为基础条件,依据设备所采集到的各参数特征,采用节能控制策略实现的能源最优化的管理决策系统。

在本文的智能配电系统中,组态监控软件能够通过现场设备层的 CPS 将每台电动机的有功功率、总功率、电能消耗实时记录并上传,从而可实现能效管理的大部分功能,如:实时信息监测、历史用能情况分析、能源优化控制策略、需量控制功能等。

2) 智能消防系统

高层建筑内火灾危险性大、人员密集场所宜设置火灾报警系统,实时探测漏电电流、过电流等信号,当检测到火灾信号时应及时发出声光信号报警,准确检测出火灾地点,并能切断工厂内电源,将危险降到最低^[10]。

本文研究的智能配电系统,能在监控软件中实时显示漏电电流、过电流等参数,当其超过用户的设置值时,监控组态软件中就会显示报警信息,并发出声光报警信号,工作人员可通过监控软件及时查询报警设备地址并进行定位,及时找到火灾源,将危险降到最低。

对于整个工厂的消防系统,本系统可将相应的信息打包上传,大大节省了搭建消防系统的费用,避免了重复浪费。

3) 太阳能光伏发电系统

太阳能光伏发电是新能源和可再生能源的重要组成部分,被认为是当前世界上最具发展前景的新能源技术^[11]。目前我国太阳能光伏发电发展迅速,其在总电力供应中的占有比也在逐年增加,并有迅猛发展之势,前景广阔。

本文研究的智能配电系统中,应用双向电表,在组态软件中不仅可以实时查看太阳能光伏发电系统所发的电量,还可以记录每天多余的电量,可将这些电量输送给电网,需要时再从电网购买,达到资源的最大利用率。

5 现场设备通信所遇问题及解决措施

由于现场复杂的实际环境,设备在与主机通信的过程中难免会遇到一些问题,本系统运行现场调试及运行期间出现的主要问题及解决方案汇总如表 1。

表 1 现场设备通信所遇问题及解决措施

序号	问题描述	出现原因	解决方案
1	个别设备出现通信中断	设备损坏或现场接线问题	检查设备完好的情况下查看接线是否正确
2	个别设备通信不稳定	设备位置较远或附近有干扰源	调整布线方式,增加屏蔽措施
3	个别设备无法上传数据	软件配置过程中存在问题,包括通信地址、波特率等参数	在配置软件过程中一定要细心,一些重要参数一定要跟实际设备保持一致
4	个别系统显示数据与实际不符	系统配置时连接的数据源与实际不一致	重新配置数据地址
5	个别设备频繁引发故障脱扣或报警	系统设置阈值与现场设备实际运营情况不符	根据现场实际情况调整
6	报警提示音量不够,无法引起注意	设计时未能考虑	使用外放音箱
7	Modbus TCP 网关间歇启动失败	网关使用固定 IP 地址,与其他动态分配的 IP 地址用户冲突	调整网关 IP 地址,设制专用网段
8	个别设备响应较慢	系统设置时响应时间设置过长或设备位置较远	修改设备响应时间,调整布线方式

(下转第 32 页)

现在 CPS 接触组通过较大的短路电流时,触头电磁力明显增大,有助于动静触头快速斥开。但触头电磁力并非越大越好,因为电磁力过大易引起机械振动,不利于设备安全可靠地运行。

参考文献

[1] 黄世泽,郭其一,章敏娟,朱奇敏. 控制与保护开关电器电磁机构运动轨迹仿真研究[J]. 低压电器, 2013, 11:5-9.
 [2] 孙海涛,陈德桂,李兴文,刘庆江. 低压断路器触头系统三维磁场的可视化分析[J]. 电工技术学报, 2002, 17(4):31-35.
 [3] 刘颖异,陈德桂,李兴文等. 用三维有限元方法研究影响框架断路器电动斥力的因素[J]. 中国电机工程学报, 2005, 16: 63-67.
 [4] 李兴文,陈德桂,刘洪武等. 触头间电动斥力的三维有限元分

析[J]. 高压电器, 2004, 01:53-55.

[5] 李兴文,陈德桂,李志鹏,刘洪武,向洪岗. 考虑触头间电流收缩影响的低压塑壳断路器中电动斥力分析[J]. 电工技术学报, 2004, 10:1-5.
 [6] 黄世泽,郭其一,贺雅洁,龚晓斌,仇仙者. 控制与保护开关电器操作机构动力学仿真研究[J]. 电器与能效管理技术, 2014, 20:24-28.
 [7] 张冠生. 低压电器. 北京:中国工业出版社, 1961.
 [8] 陆俭国,仲明振,陈德桂等. 中国电气工程大典第 11 卷. 配电气工程. 北京:中国电力出版社, 2009.
 [9] 商跃进. 有限元原理与 ANSYS 应用指南[M]. 北京:清华大学出版社, 2005.
 [10] 李兴文,陈德桂,向洪岗,李志鹏,刘洪武. 低压塑壳断路器中电动斥力的三维有限元非线性分析与实验研究[J]. 中国电机工程学报, 2004, 24: 150-155.

(上接第 26 页)

6 结束语

基于控制与保护开关的智能配电系统已经在示范工程中经过长时间的通电运行,连续长时间测试结果表明:该智能配电系统运行性能稳定,网络状况稳定。

本文基于控制与保护开关电器构建集监视、控制、保护等功能于一体的智能配电系统。该系统是智能电网的重要组成部分,不仅实现了传统的配电系统的功能,而且还集成了能源管理系统、智能消防系统以及太阳能光伏发电系统。该系统的实施,将会提高电力系统可靠性、实时性和实用性,为工厂的信息化建设奠定坚实的基础。

参考文献

[1] 吴潇俊,黄世泽,郭其一,杨阳. 基于可通信控制与保护开关的智能配电系统设计[J]. 低压电器, 2013, 11:46-49.
 [2] 陈德仙. 基于 Modbus 现场总线的智能配电控制系统研究与

实现[D]. 浙江工业大学, 2009.

[3] 胡景泰. 电控系统控制与保护统一理论及其信息化研究[D]. 上海:同济大学, 2006.
 [4] 张扬,柴熠. 基于 3S-Net 的楼宇智能配电系统[J]. 低压电器, 2006(4): 40-45.
 [5] 史旺旺,陈虹,刘敏华,等. 智能建筑变电站综合自动化的分析和实施[J]. 电力自动化设备, 2003, 3(10):46-47.
 [6] 朱懿,蒋念平. Modbus 协议在工业控制系统中的应用[J]. 微计算机信息, 2006(22): 118-120.
 [7] 陈德仙,郝登峰,俞国勇,刘彦杰. 基于 MODBUS 协议的智能配电系统设计[J]. 江苏电器, 2007, 04:25-28.
 [8] 唐喜,孟岩. 应用于电网故障信息关联的以太网通信协议[J]. 电力自动化设备, 2006, 26(9):61-64.
 [9] 王春. 基于组态软件的 PLC 实验教学系统[D]. 四川:西华大学, 2009.
 [10] 国家技术监督局,中华人民共和国建设部. 高层民用建筑设计防火规范(2005 年版)(GB50045-95) [S]. 中国计划出版社, 2005.
 [11] 马一鸣,马龙翔. 太阳能光伏发电与建筑一体化[J]. 沈阳工程学院学报(自然科学版), 2011, 01:9-12.

《公共建筑节能设计标准》(GB 50189 - 2015) 本月起实施

《公共建筑节能设计标准》为国家标准,编号 GB 50189-2015,自 2015 年 10 月 1 日起实施。其中,第 3.2.1、3.2.7、3.3.1、3.3.2、3.3.7、4.1.1、4.2.2、4.2.3、4.2.5、4.2.8、4.2.10、4.2.14、4.2.17、4.2.19、4.5.2、4.5.4、4.5.6 条为强制性条文,必须严格执行。原《公共建筑节能设计标准》(GB 50189 - 2005)同时废止。