

# 基于数据中心微电网自动化系统的节能减碳研究

雷宇<sup>1</sup> 陈银亮<sup>2</sup>

(1. 中国联合网络通信有限公司河南分公司 河南郑州 451000; 2. 河南省科电电气自动化有限公司 河南郑州 451000)

**摘要:** 响应国家节能减碳的号召, 提高电能利用率, 鉴于数据中心以及微电网供电的自身优势, 将二者融合必将是微电网、未来能源互联网的重要形式之一, 也是电气节能的重要研究方向和发展趋势。本文从微电网自动化供电应用角度, 优化供电系统, 设计了提高能源效能的数据中心微电网自动化系统, 该系统采用双环网通信路由, 可靠性高, 将配电系统与油机系统深度融合, 实现油机容量与配电系统负荷动态匹配, 通过分级化、精细化管理用电负荷, 智能化预测电能, 将市电、油机及绿色能源准确切换, 有计划的调配电能, 实现节能降耗, 为企业电气节能提供技术支持与工程应用参考。

**关键词:** 数据中心; 微电网; 节能; 减碳; 智能化

## 0 引言

随着信息技术、互联网技术的蓬勃发展, 信息系统的市场应用也越来越广泛。数据中心作为一种物理载体在企业发展和运营中起着十分重要的作用。庞大的数据中心进行正常运作离不开安全可靠供电作为保障(李成章和朱琰琰, 2016)。同时, 数据中心也受能耗问题带来的困扰, 其不断的朝着新的设备运行方式、新的制冷方式、新的机房布局以及新的系统节能方案等方向进行探索以解决面临的困境(张志强, 2020)。数据中心供配电系统作为数据中心基础设施核心组成部分, 已成为数据中心等级判定的主要参考标准。

张永明等(2015)结合直流配电以及直流微电网的自身优势, 提出燃气冷、热、直流配电三联供的数据中心能源解决方案, 为节能低碳的数据中心建设提供技术支持。郭彦申和李进壮(2016)提出数据中心 IT 设备采用普通交流电源与模块化 UPS 电源或 240V 高压直流电源混合供电的技术方案, 来实现供电的可靠性、节能及经济性。庄丛颢(2018)以分布式电源的电能转换和调配为基础, 建立了一个以直流母线为基础的直流智能微电网系统, 根据电价峰谷采用时间设置, 灵活调度系统中太阳能、风能、电网及蓄电池的电能, 使系统用电达到最大的经济性。李赞(2017)通过合理配置变电站主变的容量、线路无功补偿设备, 并通过改善和提高功率因数等以此减少系统中电网电能的损耗。

本文以项目某联通设计数据中心 10kV 自动控制系统的研究, 设计出了能源按需分配的数据中心微电网共享智慧供配电系统, 采用智能化和智慧化运行, 倡导节能降耗, 合理使用电能资源, 绿色用电。

## 1 系统总体设计方案

本方案以分层式结构进行设计, 建立了一个以数据中心微电网为基础, 从而设计出实现既可靠又节能减碳的 10kV 配电微电网自动控制系统。该智慧供电系统由主控层、网络通讯层和现场控制设备层等组成。

在数据中心 DC7/DC11 高压配电系统分别部署两套 PLC 系统, 通过网络层最终将所有系统的数据汇集到总的系统上位机。现场控制层采用冗余的可编程控制器, 选用 SIEMENS 7-1515R 系列用于实现 10kV 配电系统逻辑切换和控制, 共设计 4 站 PLC 站, DC7、DC11 各两套 PLC 控制柜, 同时与 DC7、DC11 油机并机系统进行软件通讯, 实现对油机系统状态信息的实时监控。

其系统网络结构图如下图 1 所示:

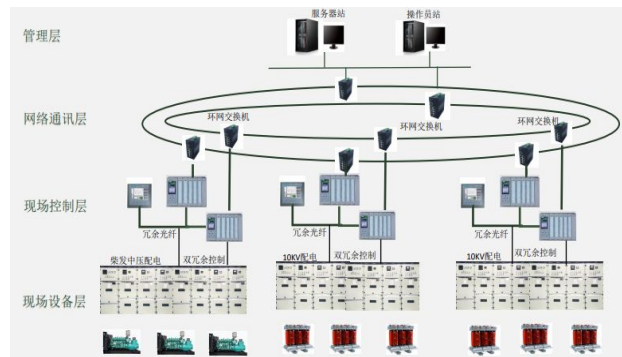


图 1: 系统网络结构图

### 1.1 主控层

主控管理层以系统管理软件为组成核心, 所有采集的数据和告警信号都经过现场通讯网络接入主控层, 实现运维值班人员对所监测范围备监控对象的实时监测和管控。

主控层也称系统管理层, 采用 SIMATIC TIA 博图系统工业软件实现对 10kV 高压系统运行方式实时监测, 自动化控制过程的监视和后台故障报警的全部功能。在 DC7、DC11 楼运维值班控制中心(可由用户指定位置)分别部署 1 台核心服务器(监控主机), 通过以太网接入 PLC 控制单元, 当 PLC 任意一台主控单元通讯或网络故障情况下均可与后台服务器进行通讯数据交换, 保障数据切换时不会丢失。

### 1.2 网络通讯层

为保证 10kV 高压自动化控制系统数据传输的高效、安全、稳定性。控制系统单独组网, 现场控制层与主站层之间采用独立的光纤以太网链接, 不与其它系统共用网路资源, 使用现场已有的运维弱电桥架路由。每栋楼之间采用冗余的双环网光纤路由进行数据传输。

通讯层主要包括工业网络交换机、光电转换器、通讯介质等设备, 用于现场设备与系统后台之间的信号转换/传递, 互为冗余的系统控制器之间, 数据同步采用独立光纤通讯, 网络通讯层采用双环网通讯方式。

### 1.3 现场控制层

现场设备层主要是 PLC 控制系统、高压柜、油机机组、油机并机柜等组成, 作为控制逻辑运算、执行的核心机构用于实现自动化控制投切功能。控制逻辑的运算、处理、控制命令的执行由冗余系统控制器完成, 10kV 高压自动控制系统现场控制单元选用的 S7-1500 冗余系统, 整个配置设计按照实现机架、电源、CPU、通讯总线、I/O 的冗余技术, 冗余控制器、电源模

块、通信模块、I/O 模块分别安装在不同的控制屏内,实现严格的硬件冗余。以此来满足设备及系统自身的高可靠性要求。

DC7、DC11 共部署 4 套 PLC 控制系统,分别为 DC7-1#控制系统、DC7-2#控制系统、DC11-1#控制系统、DC11-2#控制系统;实现每套控制系统均为 CPU、电源、通信、I/O 均为双机热备冗余,用于切换控制的逻辑运算、处理及执行,通过通讯网络层接入对应的系统软件后台,并将数据信息一并上传和存储。

## 2 供电系统能耗分析

### 2.1 产生的电能消耗

造成供电系统电能源消耗的主要原因有以下方面(朱琰琰,2014;王晓虹和艾芊,2012):

(1)每一幢 IDC 都配备柴油发电机组,投资规模大,实际运行负荷远低于 IDC 配置的柴油发电机组备用电源容量。

(2)供电线路冗余,供电设备使用率低,且部分常年备用闲置。

(3)需人工操作和执行各种复杂的停送电逻辑,当不同电间进行切换时费时间,造成不必要的能源消耗。

### 2.2 节能降耗措施

#### (1) 自动切换和设备优先级的逐级投切

正常运行方式:DC7 G1 系统和 G2 系统的各自两路市电进线采用主、主运行方式。其中 I 段或 II 段市电进线以及 I 段或 II 段油机进线之间均装有可靠的电气联锁装置,防止撞车,实现油机和市电两路进线断路器只能一路合闸,市电优先投入(G2 系统同),系统具有备自投、自主复功能,市电电源主用,油机电源备用,实现自动转换。

出现故障时:当 G1 或 G2 系统两路市电均出现故障时,10kV 自动控制系统自动断开市电配电系统所有进线、以及各变压器柜开关。待柴油发电机启动并且并网完成之后,控制系统自动投入 10kV 油机电源进线开关,并依次自动逐级对后端变压器加载(变压器柜根据优先级逐台延时投入,先投入优先级高的变压器柜,优先级可设定,直到投入的负荷达到油机主用容量为止,后续优先级低的变压器将不再投入),运行中可根据各油机系统负载率自动控制变压器柜的供电和断电。当任意一路市电恢复后,系统转由市电电源供电,后端负载分批逐步加载(变压器柜逐台延时投入,延时可调)。由此实现自动化投切,人为因素而造成电能消耗的几率大大减少。

#### (2) 预测电能、负荷分级

根据数据中心发展趋势,系统成熟时负荷量会剧增。所以,可对变压器下游负载进行分级管理,对变压器负荷分为一级负荷、二级负荷、三级负荷(负荷等级可设定),根据运行的发电机组数量得出储备功率,结合下游负荷功率,如果储备功率远大于下游负荷功率,则投入全部的变压器。如果储备功率接近于下游负荷功率,则优先投入一级负荷,其余负荷暂时不投入使用。从而实现电能预测,对高等级负荷优先供电,保证了系统主体功能正常运行,节约电能损耗。

#### (3) 科学诊断,实现市电+油机+绿电的准确切换

运行过程中,G2 段市电进线柜失电,PLC 系统发命令断开 G2 段母线变压器出线柜,此时油机已经带 G1 段负荷,油机并机系统开启全部油机或者启动备用油机并且完成并机后,PLC 系统合闸 G2 段油机进线柜,PLC 系统根据预先设置的优先等级进行合闸送电,达到油机的带载能力为上限,未送电的二级

或者三级负荷将不再启动。如果油机并机系统检测到油机组没有全部投入运行,油机并机系统将投入剩余油机,PLC 系统根据油机启动数量和油机系统带载能力,若油机带载能力满足 G2 段一级负荷的运行,PLC 系统顺序启动 G2 段一级负荷,若油机带载能力不能满足 G2 段一级负荷的供电运行,按照预先设定的优先级,对 G1 段和 G2 段母线重要一级负荷重新分配,PLC 系统切除 G1 母线三级或二级负荷,完成 G2 母线一级负荷的供电。供电系统优先保障 G1 段和 G2 段的重要一级负荷的供电,如果具有多余带载能力,可考虑对二级或三级负荷供电,当油机带动所有负荷且负荷稳定后,油机并机系统退出多余的油机。母线市电恢复后,由 PLC 系统发命令,油机退出,市电恢复的正常供电。通过精细化管理,实现电能的准确切换,按需分配电能,合理配置电能资源。

## 3 结论

本文提出的基于数据中心微电网自动化共享供电系统有着国内最大容量的 5.6MW 的 IDC 网运行案例,连续 17000 个小时的无故障运行记录,供电可靠性高,相较于传统的供电方案,该系统通过分级化、精细化管理用电负荷,优化了资源的配置,有计划的调配电能,实现市电、油机及绿电能源合理搭配,节能降耗,为未来在微电网应用过程中节能减碳提供了新思路。在未来的微电网共享建设等方面配合中,能够充分发挥其灵活、方便、快速的特点,未来中有着很大的应用潜力。

### 参考文献:

- [1]李成章,朱琰琰.数据中心供配电解决方案及能效管理[J].电气应用,2016,35(02):12-14.
- [2]张志强.论述煤矿供电系统常用节能降耗技术对策[J].矿业装备,2022(03):197-199.
- [3]张永明,丁宝,傅卫东,等.基于直流配电与直流微网的电气节能研究[J].电工技术学报,2015,30(S1):389-397.
- [4]郭彦申,李进壮.IDC 机房 IT 设备供电系统探讨[J].邮电设计技术,2016(08):83-87.
- [5]庄丛丛.基于多直流微电网的绿色数据中心供电系统研究与实际应用[J].中国新通信,2018,20(23):69-70.
- [6]李赞.油田电网供电系统节能方案探讨[J].电工技术,2017(06):122-124+126.
- [7]朱琰琰.飞轮储能微电网数据中心的前瞻性应用[J].电气应用,2014,33(19):95-99.
- [8]王晓虹,艾芊.直流微电网在配电系统中的研究现状与前景[J].低压电器,2012(05):1-7.

作者简介:雷宇,1979 年 4 月 24 日,男,汉,籍贯:河南省南阳市,学历:中国人民解放军战略支援部队信息工程大学计算机及应用专业学士学位,郑州大学行政管理专业硕士学位,职称职务:中国联合网络通信有限公司河南省分公司高级工程师,研究方向:数据中心、云计算、大数据、AI 技术应用与研究。

陈银亮,1987 年 11 月 12 日,男,汉,籍贯:河南省新安县,学历:河南工程学院 电子信息工程专业,职称职务:河南省科电电气自动化有限公司总经理,高级注册电气工程师、高级电气工程师,研究方向:电气自动化,数据中心微电网应用设计。

基金项目:中国联通河南中原数据基地智能微电网项目(项目编号:2108-410172-04-02-422274)