

基于数据驱动的电力用户用电采集系统 优化运维研究^{*}

薛良¹, 郑天¹, 郭雷², 任伟¹, 黄璐涵¹, 曾翔君³

(1. 国网陕西省电力公司电力科学研究院, 西安 710100; 2. 积成电子股份有限公司, 济南 250100;
3. 西安交通大学 电气工程学院, 西安 710049)

摘要:针对传统的电力用户用电采集系统在运维方面存在采集信息量少以及耗时长等问题,提出了一种基于数据驱动的电力用户用电采集系统优化运维技术。分析了电力用户用电采集系统中的基本组成和架构,并根据用电采集系统的实时/历史数据库构建了采集系统运维方案;结合不同区域电网的运维周期和电网安全要求,提出了用电采集系统的优化运维模型,并采用粒子群算法进行了优化求解;最后通过实际测试验证了所提方法的可行性和有效性。

关键词:电力用户;用电采集;运维;数据驱动;粒子群

DOI:10.19753/j.issn1001-1390.2019.017.008

中图分类号:TM615

文献标识码:A

文章编号:1001-1390(2019)17-0042-05

Research on optimizing operation and maintenance of power user electricity acquisition system based on data drive

Xue Liang¹, Zheng Tian¹, Guo Lei², Ren Wei¹, Huang Luhan¹, Zeng Xiangjun³

(1. Electric Power Research Institute of State Grid Shanxi Electric Power Company, Xi'an 710100, China.

2. Integrated Electronic Systems Lab Co., Ltd., Ji'nan 250100, China. 3. School of
Electrical Engineering, Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710049, China)

Abstract: Aiming at the problems of less information and long time-consuming in operation and maintenance of electricity acquisition system of traditional electric power users, a data-driven optimal operation and maintenance technology of electricity acquisition system of electric power users is proposed in this paper. Firstly, the basic composition and structure of electricity acquisition system of power users are analyzed, and the operation and maintenance scheme of the acquisition system is constructed based on the real-time/historical database of the power acquisition system. Then, according to the operation and maintenance cycle of different regional power grids and the security requirements of power grids, the optimal operation and maintenance model of the power acquisition system is proposed, and the particle swarm optimization algorithm is used to solve the problem. Finally, the feasibility and validity of the proposed method are verified by practical tests.

Keywords: power users, electricity acquisition, operation and maintenance, data drive, particle swarm

0 引言

近年来,随着我国智能电网的快速发展,电力用户采集系统得到了广泛的应用。电力用户采集系统可用于采集和处理用电信息,并能够对用电信息进行在线

监控。通过电力用户用电采集系统,能够实现用电采集信息的互动,提高电网公司的服务和管理水平^[1-3]。然而,伴随着近年来电力用户量和业务需求的快速增长,当前的用电信息采集系统已难以满足电力业务发展的需求。在该背景下,对电力用户用电采集系统的优化运维提出了新的要求^[4-6]。

在电力用户用电采集系统优化运维方面,目前国

^{*} 基金项目:国网陕西电科院计量中心 2019 年用电信息采集系统适应性升级改造项目-2017 年版设修订及适应性改造项目 (FWZ-ZB-GWSNDL19-02)

内外开展的研究不是很多。文献[7]提出了一种采用地理信息系统展示技术以及计量设备异常自学习分析技术的电力用户用电采集系统图形化全景运维管控技术,能够在一定程度上降低运维人员的负担和提高采集系统的效率;文献[8]在分析电力用户用电采集系统的物理架构基础上,提出了一种采集系统的性能分析方法,能够提高采集系统的运维效率;文献[9]提出基于人工鱼群算法的电力用户用电采集方法,在此基础上构建运维优化模型。然而当前用电采集系统具有较大的信息量且频度高,上述研究对象均是假设具有较少的用电信息采集量,且具有较长的采集耗时,不利于用电采集系统的海量信息采集,难以适应当前采集系统的运维需求。

针对上述传统用电采集系统优化运维方法的不足,文章采用大数据驱动分析的思想来实现含海量信息的电力用户用电采集系统优化运维。详细阐述了用电采集系统的运维方案,包括用电采集系统基本组成、用电采集系统基本架构以及用电采集系统数据处理和分析技术;在此基础上结合大数据分析思想,提出了电力用户用电采集系统优化运维的目标函数和约束条件,进而构建了对应的优化运维模型;最后采用某实际区域电网测试进行了验证。

1 用电采集系统运维方案

1.1 用电采集系统组成

电力用户用电采集系统主要包括主站层、通信信道层和采集设备层,其基本组成结构如图1所示。

主站层依据系统规模可由多台计算机设备组成,对整个运维系统进行管理,主要包括数据搜集、信息处理融合、在线监控和应用扩展等;通信层通道的基本功能是完成主站和信息数据采集之间的信息传输,进而完成主站和其他连接之间的信息沟通和共享,包含光纤专网、无线专网、4G网以及GPRS等多种数据通信^[10-12];而现场终端层主要是对电力用户用电量信息的采集、管理、传输以及完成控制命令的执行等,所需的设备包括专变终端、远程多功能表、载波表、采集器以及分布式能源监控终端等。

1.2 用电采集系统架构

电力用户用电采集系统采用标准的J2EE平台架构进行搭建,该架构采用多层级的分布式应用模块,具有一致化和移植性好等优势^[13-14]。采用J2EE的用电采集系统技术架构如图2所示。

1.3 用电采集系统数据处理与分析

(1)采集系统数据库。

电力用户用电采集系统的关键环节是数据的采集,当电力用户数量庞大时,数据采集工作十分繁琐,因此有必要建设有效的数据库部署方案。

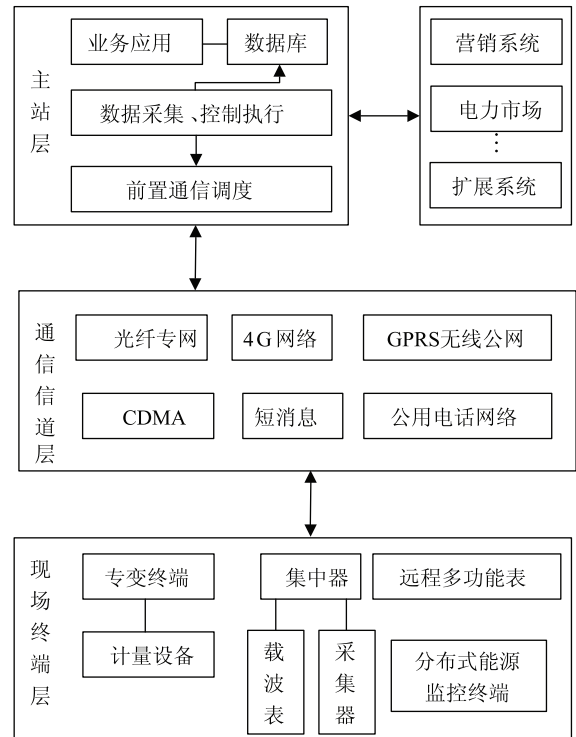


图1 用电采集系统组成结构

Fig. 1 Logic structure of electricity acquisition system

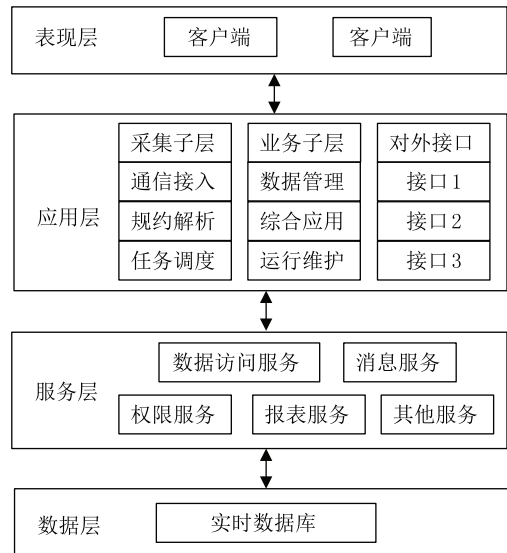


图2 用电采集系统技术架构

Fig. 2 Technical framework of electricity acquisition system

数据库的部署主要是安装数据采集和存储服务器,而用电采集系统的建设模式包括户表集中式和户

表分散式。

采集系统数据库的建设模式综合考虑数据采集、数据应用、数据接口和数据展示等方面因素。在数据采集方面,数据库模式呈现一种动态灵活分布,在配电自动化系统发生变更或者改造时,实时数据库也会随机动态改变,而不需要重新构建数据库框架,能够直接地接入主站系统,而不受物理分布约束;在数据应用方面,由于电力用户用电信息数据量庞大,需满足长时间的在线存储,且需要满足用户的快速调用需求,为此引入一种分布式数据库技术,能够有效提升采集系统对数据响应速度和可视化效果;在数据接口方面,由于电网的现场终端设备数量庞大且种类繁多,数据库方案中的分布式数据库采用通用接口模型,可实现数据采集系统对数据库的接口通用性;在数据展示方面,数据库模式建设方案采用数据回放形式,能够有效结合图画、报表和报警等信息,以多元数据流的形式动态、直观和高品质方式进行展示,有利于数据的管理。

(2) 数据处理与分析。

电力用户用电采集系统含有多个通信信道和多种终端设备,因此需多个计算机节点来承担该类数据存储。海量数据的处理和分析需由不同模块之间的数据流量进行协调。数据处理和分析的相关技术包括集群技术、内存数据库技术、存储技术、并行处理技术、多线程技术和批量数据处理技术,如图3所示。

其中,集群技术主要是互相独立且采用高速网络的计算机技术,主要包括主\主方式和主\从方式,能够完成海量数据计算的同时具有较高的运算速度和快速响应能力,且具有一定的可缩放性;内存数据库技术是一种将采集的数据直接安置在内存中且可直接进行操作的一种数据库技术,内存读写速度快且随机访问,可极大地提高系统性能;存储技术采用的是SAN技术,在传输和备份大量数据时,不占用LAN的资源,同时以光纤通道作为基础,可共享存储设备;并行处理技术能够充分发挥采集系统的多种硬件资源,采用多种CPU和多核技术来分离和分散单一的处理任务,再将结果进行汇总,能够有效的提高采集系统数据处理性能。采集系统的数据规约转换、数据存储、数据加工等均采用并行处理技术;多线程技术能够解决多线程执行问题,将处理器的闲置时间减少,从而提高处理器的吞吐能力;批量数据处理是解决采集系统海量数据收、发和处理,具体功能包括数据库表的结构优化、数据表的合理管理、批量处理的优化程序等。

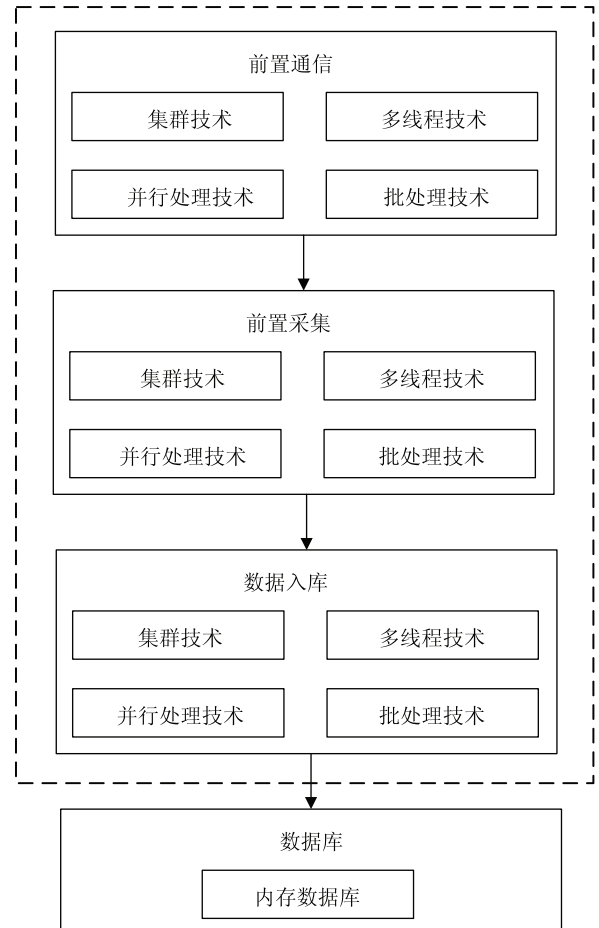


图3 数据分析和处理相关技术

Fig. 3 Data analysis and processing technology

2 用电采集系统优化运维模型

在上述用电采集系统运维方案架构和数据处理分析的基础上,提出利用数据驱动来构建具体电力用户用电采集系统优化运维方案。首先对比分析历史运行和实际运行的差异来确定运维周期,建立优化运维的目标函数和对应的约束条件,并利用粒子群算法进行优化求解。

2.1 采集系统优化运维模型

根据某区域电网线路的历史运行情况和实际运行情况之间差异特性,确定不同路段的运维周期,如下:

$$R = C_i F_i L_i \quad (1)$$

式中 C_i 是比例函数; F_i 是曲率函数; L_i 是需要运维的线路。

根据不同电网线路的运维周期,建立电网的运维优化模型,如下:

$$f = \min \sum_{i=1}^T \sum_{j=1}^N (C_{ji} + F_{ji}) x_{ji} \quad (2)$$

式中 T 是总时间长度; N 电网线路数量; C_{ji} 是电网

线路 j 在时间段 t 之内的个体维度; F_{jt} 是电网线路 j 在时间段 t 之内的引力因子; x_{jt} 是电网线路 j 在时间段 t 之内所对应的运维状态。

电力用户用电采集系统的运维从时间角度的约束条件如下:

$$x_{jt} = 1; \quad m_j \leq t \leq n_j \quad (3)$$

$$x_{jt} = 0; \quad t \leq m_j, t \leq n_j$$

式中 m_j 是电网线路 j 初始运维阶段所对应的时间段; n_j 是电网线路 j 最晚运维阶段所对应的时间段。

同时满足以下约束条件:

$$x_{j1}t + x_{j2}t + \cdots + x_{jk}t = 0 \quad (4)$$

式中 x_{jkt} 是电网线路 jk 在第 t 时间段内所对应的运维状态。

另外,互相排斥的运维约束条件如下:

$$0 \leq x_{it} + x_{jt} \leq 1 \quad (5)$$

式中 x_{it} 和 x_{jt} 分别表示电网线路 i 和 j 在时间段 t 的采集系统运维状态。

按照顺序运维的约束条件为:

$$\frac{x_{j1}t + x_{j2}t}{x_{it} + x_{jt}}(t_i + T_i) \sum_{i=1}^T r_{ji}x_{ji} \leq R_i \quad (6)$$

因此,电力用户用电采集系统的优化模型可表示为:

$$W = \frac{x_{j1}t + x_{j2}t}{x_{it} + x_{jt}}(t_i + T_i) \min \sum_{i=1}^T r_{ji}x_{ji} \quad (7)$$

2.2 优化运维模型求解

由上述分析可知,所建立的多目标优化调度模型是一个具有多变量的混合整数规划问题。文中采用启发式搜索的粒子群算法进行优化求解^[15-16]。具体的优化求解步骤如图 4 所示。

(1) 确定所用区域电网用电采集系统参数,并依据电网系统运维要求来设定运维的时间周期和运维线路的数量;

(2) 读取系统的原始数据,结合用电采集系统优化运维目标来生成随机粒子;

(3) 对约束条件进行校验,采用随机模拟算法对机会约束进行校验,判断其是否满足约束条件;

(4) 依据粒子群算法的粒子适应度值来对每个粒子的最优值进行更新;

(5) 更新粒子的速度与位置;

(6) 重复执行步骤(3) ~ 步骤(5),直至满足停止所需的条件;

(7) 得到最优的用电采集系统运维方案。

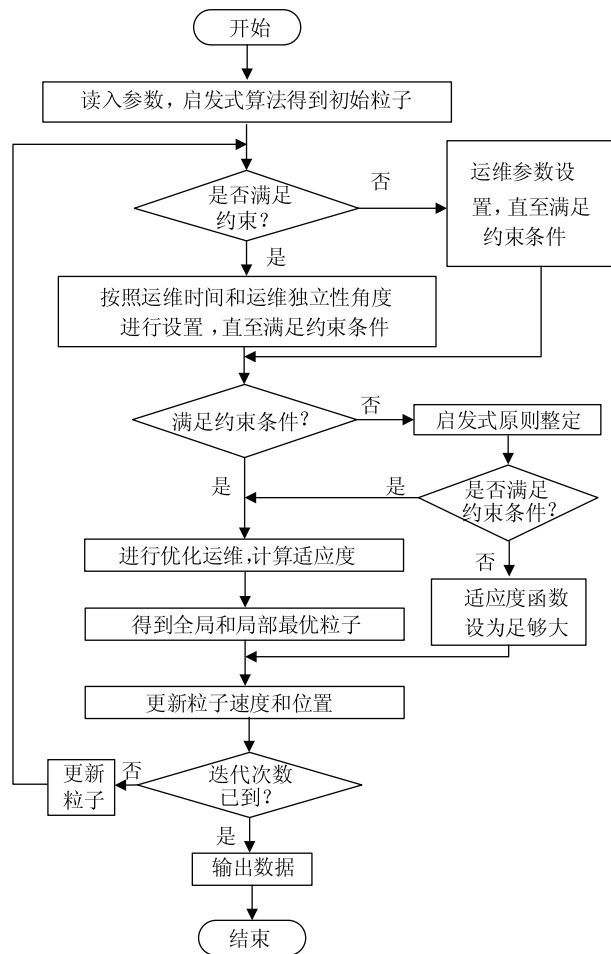


图 4 含启发式搜索的粒子群算法求解流程
Fig. 4 Particle swarm optimization algorithm with heuristic search

3 试验分析

为验证所提基于数据驱动的电力用户用电采集系统优化运维模型的可行性和有效性,以某实际区域电网为例进行了测试。在 MATLAB 环境中搭建电力用户用电采集系统优化运维模型,并采用启发式粒子群优化算法进行求解。将所提的基于数据驱动分析的电力用户用电采集系统优化运维方法和传统的优化运维方法分别从优化运维的可靠性和经济性方面进行了对比分析,如表 1 所示。

表 1 采集系统优化运维结果

Tab. 1 Optimized operation and maintenance results of acquisition system

	可靠性	经济性
文中方法	0.95	0.96
传统方法	0.82	0.91

根据表1结果可知,所提的采集系统优化运维方法的可靠性指标和经济性指标^[17-18]分别是0.95和0.96,而传统方法的可靠性和经济性指标分别是0.82和0.91,因此所提方法能够在保证较低经济成本的前提下,大幅提高了运维系统的可靠性。

另外,将所提的基于数据驱动分析的电力用户用电采集系统优化运维方法和传统的优化运维方法在采集时间提升方面进行了对比分析,如表2所示。

表2 采集系统优化后的时间提升比例

Tab. 2 Proportion of time increase after optimization of the acquisition system

	用电信息量/200个	用电信息量/400个
文中方法	0.289	0.286
传统方法	0.152	0.138

从表2的对比结果可知,所提的基于数据驱动分析的电力用户用电采集系统优化运维方法提高了信息采集的耗时,进而使得采集效率得到了有效提升。

4 结束语

在电力用户信息采集系统信息量大和耗时长情的情况下,研究采集系统的优化运维技术是非常必要的。为此,提出了一种基于数据驱动的电力用户用电采集系统优化运维技术。根据电力用户用电采集系统中的应用需求,构建了基于采集系统的实时/历史数据库的运维方案;再结合地区电网采集系统的运维周期,建立了对应的优化目标函数和约束条件,并采用粒子群算法进行了优化求解;最后以某实际区域电网为例,在MATLAB环境中搭建了用电采集系统的优化运维模型并进行了测试分析,结果表明所提的采集系统优化运维技术能够很好的提升采集系统的可靠性和经济性,进一步提升了采集系统的耗时效率,对保障用电采集系统的安全稳定运行具有重大作用。

参 考 文 献

[1] 姚李孝,彭金宁,王沛,等. 低压电力用户信息采集系统的研究与应用[J]. 计算机工程, 2004, 30(17): 173-174.
[2] 陈琦,李小兵,曹敏,等. 电力用户用电信息采集系统建设的研究与探讨[J]. 智慧电力, 2011, 39(6): 60-62.

[3] 沈晓钰,夏剑青,曾真,等. 基于用电信息采集系统的营销服务模式创新研究[J]. 自动化与仪器仪表, 2017, (11): 113-115.
[4] 任秀萍. 电力用户用电信息采集系统运维要点分析[J]. 中国高新技术企业, 2014, (36): 122-123.
[5] 葛一帅. 杭州供电公司用电信息采集系统建设运维及应用的研究[D]. 华北电力大学, 2014.
[6] 曹永峰,翟峰,肖建红,等. 用电信息采集系统故障运维知识库的设计与应用[J]. 电力信息与通信技术, 2018, (3): 81-86.
[7] 张占清,刘岩,田海亭,等. 用电信息采集系统运行监控提升技术[J]. 广东电力, 2016, 29(10): 69-74.
[8] 赵佩. 用电信息采集系统的数据库及服务器运维优化研究[D]. 华北电力大学, 2017.
[9] 王军,武文广,李逸驰,等. 支撑互动用电的用电信息采集系统基本构成与关键技术[J]. 陕西电力, 2016, 44(4): 1-5.
[10] 王炬. 株洲用电信息采集系统通信通道建设方案[J]. 电力系统通信, 2011, 32(3): 21-24.
[11] 巫钟兴,阿辽沙.叶,郑安刚,等. 基于面向对象互操作技术的用电信息采集系统通信协议设计[J]. 电测与仪表, 2016, 53(24): 69-74.
[12] 王航. 智能电网用电信息采集系统通信技术应用分析[J]. 电力信息与通信技术, 2014, 12(9): 72-76.
[13] 刘洋,曾坚永,钟世国. 广东省电网能量采集系统的设计[J]. 广东电力, 2012, 25(2): 92-95.
[14] 陈长基. 基于J2EE的惠州电能数据平台设计[D]. 华南理工大学, 2014.
[15] 王开艳,罗先觉,吴玲,等. 清洁能源优先的风-水-火电力系统联合优化调度[J]. 中国电机工程学报, 2013, 33(13): 27-35.
[16] 金义雄,程浩忠,严健勇,等. 现代启发式算法及其在输电网络扩展规划中的应用[J]. 华东电力, 2005, 33(8): 19-25.
[17] 王超,徐政,高鹏,等. 大电网可靠性评估的指标体系探讨[J]. 电力系统及其自动化学报, 2007, 19(1): 42-48.
[18] 周艾辉. 用电信息采集系统运行评估体系研究[D]. 华北电力大学, 2013.

作者简介:



薛良(1989—),男,陕西西安人,本科,助理工程师,从事电力营销、电力计量、用户用电信息采集系统相关研究。Email:364741332@qq.com

郑天(1982—),男,陕西西安人,高级工程师,硕士,从事电力营销、电力计量、用户用电信息采集系统管理、研究。

郭雷(1981—),男,河北邯郸人,硕士,主要从事用电信息采集系统研究。

收稿日期:2019-06-10;修回日期:2019-07-13

(王克祥 编发)