

DOI:10.19651/j.cnki.emt.1801930

基于四表集抄的用电信息采集系统研究

邓裕东 谢国荣 林永春 叶坤荣

(国网信通亿力科技有限责任公司 福州 350003)

摘要: 在用电信息采集系统的基础上,实现水、气、热的信息采集,对于构建智慧城市具有重要意义。提出了基于四表集抄的用电信息采集系统。首先提出了用电信息采集系统的架构及电、水、气、热的通信技术。然后,对构建四表集抄系统的方案进行了研究,对四表集抄的采集方案、可行性分析、组网技术及四表集抄技术和系统的功能进行了分析,并提出采用模糊层次分析法对构建的四表集抄系统进行综合评分。最后,在福建某小区进行四表集抄系统的建设,并进行经济效益分析,采用模糊综合评价方法,对各个指标进行权重求取,最后进行综合评分,评分结果显示,改造后的四表集抄系统相比于改造前性能有了很大提升,验证了四表集抄系统的实用性。

关键词: 四表集抄;模糊;层次分析法;信息;采集

中图分类号: TP391;TN0 **文献标识码:** A **国家标准学科分类代码:** 470

Study on electricity information acquisition system based on four-table collection

Deng Yudong Xie Guorong Lin Yongchun Ye Kunrong

(Great Power Science and Technology Corporation State Grid Information & Telecommunication Group, Fuzhou 350003, China)

Abstract: Based on the electricity information acquisition system, the realization of water, gas and heat information acquisition is of great significance to the construction of smart city. This paper presents a power information acquisition system based on four-table data acquisition. Firstly, the architecture of the electric information acquisition system and the communication technology of electricity, water, gas and heat are proposed. Then, the scheme of constructing the four-table set copying system is studied. This paper analyzes the collection scheme, feasibility analysis, networking technology and function of the system. In addition, a fuzzy analytic hierarchy process (AHP) is used to comprehensively evaluate the constructed four-table set copying system. Finally, the construction of the four-table collecting and copying system was carried out in a district of Fujian, and the economic benefit analysis was carried out. The fuzzy comprehensive evaluation method was adopted to calculate the weight of each index, and the final comprehensive evaluation was conducted. The results show that the performance of the modified four-meter system is greatly improved compared with that before the reform, which proves the practicability of the four-meter system.

Keywords: four-table set copy; fuzzy; analytic hierarchy process; information; collect

0 引言

随着智能电网和物联网,云计算技术的飞速发展,实现电、水、气、热的四表集抄对于建设智慧城市,提高用户满意度,满足客户智能用电需求具有重要意义^[1-3]。

当前,电、水、气、热都是由独立的公司进行单独抄表,如果充分利用当前的用电信息采集系统,实现对电、水、气、热的同时采集,不仅可以提高资源利用率,而且还能降低工作量及支出成本。已有学者对四表集抄系统进行了研究,文献[4]根据现有的用电信息采集系统,设计了四表集抄系

统,并对系统进行了开发,最后验证了该系统的实用性。文献[5]提出了基于GPRS技术的四表集抄系统,电表通过R485进行通信,水、气、热表通过M-Bus进行通信,开发的系统在实验室进行仿真,验证了该方案的合理性。文献[6]对当前四表存在的问题进行了改进,并开发了四表集抄远程遥测系统,实际运行效果,验证了该方式的抄表模型更为显著。

目前针对四表集抄系统的研究,只是停留在系统的开发,还没有针对四表集抄系统运行效果进行评价的研究。基于此,本文对四表集抄系统进行了改造,并对改造后的系

统采用模糊层次分析法进行了综合评分。最后的评分结果显示,改造后的四表集抄系统,更利于电、水、气、热的数据采集,节省了开支,降低了工作成本。

1 用电信息采集系统架构及通信

实现电力用户的用电信息的自动采集、监控、分析和和管理,是用电信息采集系统具有的功能,将电力数据实时、准确、完整地提供给信息管理系统。

1.1 基本架构

用电信息采集系统包括采集主站、通信信道、采集终端及智能电表等。采集终端指的是用于采集电力信息的设备。

其中,采集主站用于实现用电信息的采集,分析和人机交互显示等功能,作为数据的汇总接收站点,通过智能电表采集的数据上传到主站,用于观测工作异常点,监管电力负荷,发出指令等。用电信息采集终端指的是各种智能采集设备。根据其应用方式不同,包括专变采集、集中抄表、分布式采集等终端点。采集终端用于实现智能电表的数据采集、传递、管理,并执行操作员给定的命令。智能电表包括了测量、数据处理、通信等模块。能够实现电能的计量、传递、控制等功能。信息可以远程传递也可以本地传递。远程传递信息指的是电表与主站进行通信。本地传递指的是智能电表之间进行信息传递。用电信息采集系统架构如图 1 所示。

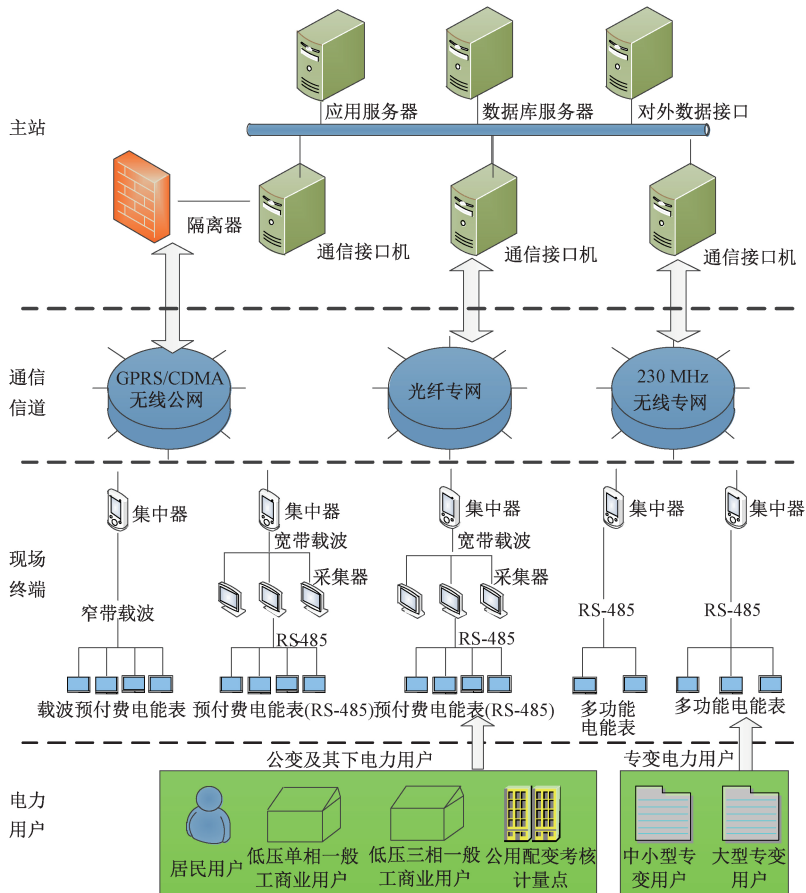


图 1 用电信息采集系统架构

1.2 通信技术

用电信息的采集需要依靠通信技术进行保障才能实现。而且,通信技术的性能影响着信息传递的好坏及数据传递的稳定性。通信技术的优劣对用电数据的采集有重要影响。用电信息的传递包括有线传递和无线传输。远程通信时通信的两端分别是主站和采集终端。远程通信的几种方式如下。

1) 无线公网:通过运营商的无线网络实现信息的传输。通过无线公网传输数据,操作简单,使用方便。在系

统的数据采集过程中,超过 90%的数据都是通过此种方式进行传输。主要包括 GPRS(general packet radio service)和 CDMA(code division multiple access)。

2) 无线专网:在电力信息传输过程中,无线专网有 230 MHz 传输平台,TD-LTE(time division long term evolution)等,主要用于实现安全管理、调度等功能。

3) 光纤专网:电力通信网络采用同步数字体系(synchronous digital hierarchy, SDH)技术进行信息的传输。

4)中压电力线载波:指的是注入高频信号进行信息的传输。中压电力线载波是专属于电网的通信方式。

本地通信指的是采集设备之间进行数据信息的传递。其信息的传输主要有载波通信、微功率通信和RS-485通信等。本地通信的方式主要包括如下几种。

1)低压电力线窄带载波:其频率在3~500 kHz,但在实际通信的时候,一般情况下其通信频率低于100 kHz。

2)低压电力线宽带载波:其频率范围为1~50 MHz。采用该技术传输电力信息具有传输速率高、抗干扰能力强等特点。而窄带载波通信的传输距离较短,与其相比,该技术传输距离长,且消耗成本较低,实时性较强。

3)微功率传输:载波频率在470~510 MHz。传输的功率小于50 mW,包含了7级深度,其最大传输距离有300 m。当用于电力通信的时候,传输距离可达100~300 m。

载波/无线双模通信技术,抗干扰能力强并且传输速度较高。

RS-485把专变、载波、无线采集器和电表之间进行数据传输,并建立相对应的通信协议。

2 四表集抄系统技术路线及AHP

2.1 方案技术路线

2.1.1 采集方案框架

多表合一采集系统包括主站、采集终端、计量设备和通信线路^[7]。上行通信通过GPRS/光纤进行,根据下行通信介质的不同有两种不同的方案。多表集抄系统框架如图2所示。

方案1:电能表采用全载波或RS485进行通信。水气热表采用M-Bus(meter-bus)或RF(radio frequency)一体化采集器。

方案2:上行行为GPRS/光纤通信,下行行为RS485与采集器和电表的通信。

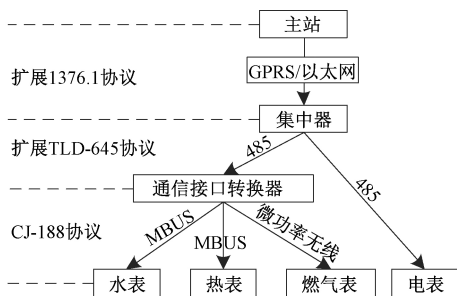


图2 多表集抄系统

2.1.2 可行性分析

到目前为止,我国已经普遍实现了用户用电信息的采集,专变用户使用具有GPRS传输的智能电表,使信息的采集更加便捷,提升了其实时采集传输性能^[8]。在我国现阶段,专变用户覆盖率达到99.9%,可实现99.8%的采集准确度。低压用户采用窄带载波电表经无线网络进行

信息的传输。目前低压用户覆盖率达到99.9%,采集准确度达到99.9%。在采集上来的电力信息中,主要分为电量、电压、电流、功率等类别^[9]。

近年来我国对电力信息采集系统加大了建设力度,已经具有了设备齐全、功能完善的架构,通信手段具有多样性、快捷性,信息采集主站添加了更多的信息处理及融合功能,为决策人员对用电信息的分析决策提供了可靠的技术保障^[10]。用电信息采集系统的成熟建设为电力企业的管理带来了极大的便利。四表集抄系统是在当前电力数据采集的基础上实现的,可以使用当前已有的设备和通信资源。四表集抄是在采集终端之上进行的数据处理,同时又用到了电力数据采集的设备及数据传输技术。

四表集抄系统采集的数据包括水、电、气、热等信息。采集的四表数据经过通信线路传输给主站,传输上来的海量数据为决策人员对数据进行分析及制定相应的方案奠定了基础。同时与我国构建智慧城市的方针政策相吻合,通过四表集抄实现能源的统一管理也为居民及企业带来了方便。

2.1.3 组网技术及四表集抄技术

数据传输时采用的通信技术对四表集抄系统的性能具有至关重要的作用。优质的通信技术可以提高四表集抄系统的效率和可靠性。

在设计四表集抄系统的时候,要基于电力数据采集系统的基础之上。电力数据采集系统由主站、通信层、终端设备等构成。用于数据通信的方式不同,用电信息采集系统的架构也存在差异。所以,根据不同的架构,四表集抄系统也具有不同的方案。以成本最低为基础,四表集抄系统的改造包括如下几种。

1)升级无线模块:当采用微功率无线电表和微功率无线水表,且两者相距不远的情况。以及采用RS-485电表和水表实现无线采集的时候,均采用此方案进行升级改造。改造的方法是将电能表采集功能进行扩展用以实现对水表的信息采集,然后可以同时数据进行传输。

2)更换双模模块:当采用载波电表或RS-485+无线水表的时候,采集器和水气热表的距离较近。采集器可选为微功率+载波通信的手段。

3)增加通信接口转换器:当电表和水气热表的距离较远的时候,采用电表(RS485)+水气热表的方案。

电水气热集抄系统,其中电表采用电力线载波通信技术,水、热表适用M-BUS通信,燃气表采用无线通信的方式,实现水电气热信息的同时采集^[11]。

2.1.4 系统功能

四表集抄系统可以实现电、水、气、热的远程抄表功能。可以根据电表的相关信息实现对用户的数据采集以及功能冻结等功能。可以通过主站向数据采集器发送任务和控制命令。通过四表集抄系统,可实现通信故障,电、水、气压等信息的实时检测,传输到上位机经过信息的处

理分析,获得用户当前使用状态。通过智能分析用户的水、电、气、热的使用情况,合理的制定供应标准^[12]。用户通过手机端,实时监控水、电、气、燃气的使用情况。

2.2 层次分析法

层次分析法(analytic hierarchy process, AHP)的递阶层次表示如表 1 所示^[13]。判断矩阵的构造如表 2 所示。

表 1 AHP 的递阶层次模型

A				目标层
B_1	B_2	...	B_m	一级指标层
C_1	C_2	...	C_m	二级指标层
...
Z_1	Z_2	...	Z_m	Z 级指标层

表 2 AHP 比较判断矩阵表

A	B_1	B_2	...	B_m
B_1	b_{11}	b_{12}	...	b_{1m}
B_2	b_{21}	b_{22}	...	b_{2m}
...
B_m	b_{m1}	b_{m2}	...	b_{mm}

2.2.1 判断矩阵构建

如表 2 所示,上一层为 A, B_1, B_2, \dots, B_m 为 A 的下层元素^[14]。 B_1, B_2, \dots, B_m 共 m 个元素,相互之间进行重要程度比较,获得比较判断矩阵 $A = (b_{ij})_{m \times m}$ 。

设某层含 n 个元素: X_1, X_2, \dots, X_n , 则其 n 阶判断矩阵: $Q = (q_{ij})_{n \times n}$, 其中 q_{ij} 为基于同一上层目标的重要性之比^[15]。AHP 的相对重要性标度如表 3 所示,用于确定矩阵中元素 b_{ij} 的权重。

表 3 相对重要性的标度值

q_{ij}	说明
1	元素 x_i 与元素 x_j 同等重要
3	元素 x_i 比元素 x_j 稍微重要
5	元素 x_i 比元素 x_j 明显重要
7	元素 x_i 比元素 x_j 强烈重要
9	元素 x_i 比元素 x_j 极端重要
2, 4, 6, 8	中值
倒数	元素 x_i 与 x_j 比较得到 b_{ij} , 则其倒数 $b_{ji} = 1/b_{ij}$

2.2.2 单层权值计算

构建完判断矩阵,求取其一致性比率 C.I.。求取过程为建立最大非零特征值为 λ_{max} 的 n 阶判断矩阵^[16]。

$$C.I. = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (1)$$

一致性指标 R.I.(random index),如表 4 所示。

表 4 平均随机一致性指标 R.I.

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
R. I.	0	0	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

C. R.由式(5)确定,若 $C.I. < 0.1$, 则说明构造的判断矩阵合理;若 $C.I. \geq 0.1$, 则需要重新构建判断矩阵。

$$C.R. = \frac{C.I.}{R.I.} \quad (2)$$

2.2.3 合成权值计算

AHP 要由底层逐层向上进行计算,依次求取各层指标的权重值。若 k-1 层 m 个元素关于上一层的合成权重为式(6)。

$$\boldsymbol{\varepsilon}^{(k-1)} = (\varepsilon_1^{(k-1)}, \varepsilon_2^{(k-1)}, \dots, \varepsilon_m^{(k-1)})^T \quad (3)$$

第 k 层 n 个元素关于第 k-1 层第 j 个元素的权重为式(7)。

$$p_j^{(k)} = (p_{1j}^{(k)}, p_{2j}^{(k)}, \dots, p_{mj}^{(k)})^T, j = 1, 2, \dots, m \quad (4)$$

其中,下一层对 k-1 层没有影响的元素,权重为 0。

令 $P^{(k)} = (p_1^{(k)}, p_2^{(k)}, \dots, p_m^{(k)})$ 是第 k 层元素关于 k-1 层的权重矩阵。则第 k 层元素对目标元素的贡献为式(8)。

$$\boldsymbol{\varepsilon}^{(k)} = P^{(k)} \boldsymbol{\varepsilon}^{(k-1)} \quad (5)$$

或

$$\varepsilon_i^{(k)} = \sum_{j=1}^m p_{ij}^{(k)} \varepsilon_j^{(k-1)}, i = 1, 2, \dots, n \quad (6)$$

设 k-1 层第 j 个元素为准则的一致性指标、随机一致性指标及一致性比率分别记为 $C.I.^{(k)}, R.I.^{(k)}$ 和 $C.R.^{(k)}$, $j = 1, 2, \dots, m$, 则第 k 层的综合一致性检验指标为:

$$C.I.^{(k)} = (C.I._1^{(k)}, C.I._2^{(k)}, \dots, C.I._n^{(k)}) \omega^{k-1} \quad (7)$$

$$R.I.^{(k)} = (R.I._1^{(k)}, R.I._1^{(k)}, \dots, R.I._n^{(k)}) \omega^{(k-1)} \quad (8)$$

$$C.R.^{(k)} = \frac{C.I.^{(k)}}{R.I.^{(k)}} \quad (9)$$

若 $C.I. < 0.1$, 则说明构造的判断矩阵合理;若 $C.I. \geq 0.1$, 则需要重新构建判断矩阵,重新计算。

AHP 一般的评价流程如图 3 所示。

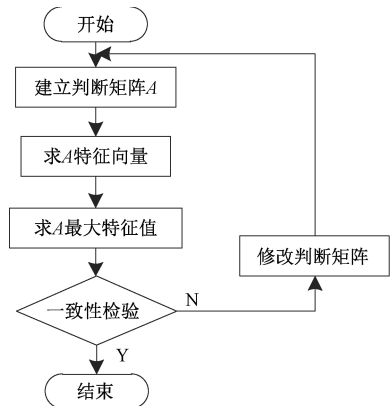


图 3 AHP 流程

3 四表集抄系统及综合评分

3.1 四表集抄系统的应用

根据用电信息采集系统的当前状态以及对四表集抄系统改进的方案设计,在福州市兴达小区进行了四表安装改造建设。兴达小区内,共有1500户用户实现了四表集抄系统的建设。水表、气表、热表已安装完毕。

对小区四表集抄系统的改造,包括现场和系统两部分。现场部分主要实现了通信功能,采集器的安装,以及合理布线。对系统的改造是实现现场和操作站之间的通信,并扩展上位机监控功能,使系统具有四表集抄功能。

3.2 评价指标体系的构建

在建设了四表集抄系统之后,需要对系统的实施效果进行评价,并把评价结果报送给上级主管部门,以提高系统的性能。对四表集抄系统进行评价时,首先要构建系统的评价指标,评价指标主要从系统的性能、技术水平、运行效率及效益等方面进行构建。经过相关专家及工作人员的确认,获得四表集抄系统评价指标体系如图4所示。

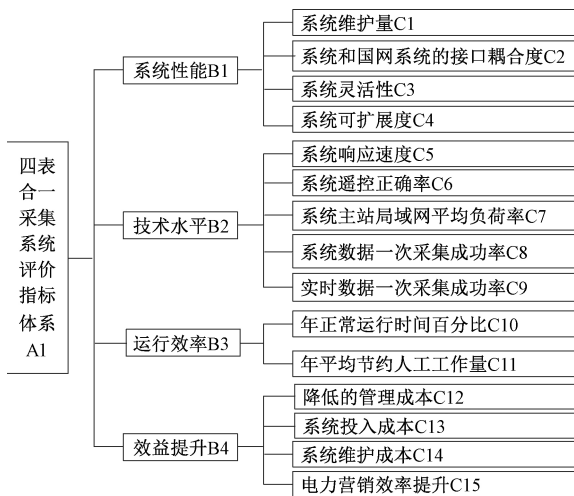


图4 四表集抄系统评价指标体系

从上述构建的四表合一采集系统,可以看到,该评价系统由目标层A1,准则层B1~B4,指标层C1~C15构成。采用层次分析法构建上述评价指标之后,获得指标的权重,采用模糊分析方法对指标进行评分。评分规则为[很好,较好,一般,较差,很差],对应的得分为:[0.8,1.0],[0.7,0.8],[0.6,0.7],[0.4,0.6],[0,0.4]。

3.3 四表集抄系统使用情况评价

根据上述构建的四表集抄系统,采用模糊层次分析法,对改造后的四表集抄系统进行综合评价。首先,采用层次分析法求取每个指标的权重,求取过程如下。

$$A = \begin{bmatrix} & B1 & B2 & B3 & B4 \\ B1 & 1 & 3 & 3 & 5 \\ B2 & 1/3 & 1 & 1 & 2 \\ B3 & 1/3 & 1 & 1 & 2 \\ B4 & 1/5 & 1/2 & 1/2 & 1 \end{bmatrix} \quad (10)$$

$$B_1 = \begin{bmatrix} & C1 & C2 & C3 & C4 \\ C1 & 1 & 3 & 3 & 5 \\ C2 & 1/3 & 1 & 1 & 2 \\ C3 & 1/3 & 1 & 1 & 2 \\ C4 & 1/5 & 1/2 & 1/2 & 1 \end{bmatrix} \quad (11)$$

$$B_2 = \begin{bmatrix} & C5 & C6 & C7 & C8 & C9 \\ C5 & 1 & 3 & 5 & 5 & 3 \\ C6 & 1/3 & 1 & 3 & 3 & 1/2 \\ C7 & 1/5 & 1/3 & 1 & 1 & 1/3 \\ C8 & 1/5 & 1/3 & 1 & 1 & 1/3 \\ C9 & 1/3 & 2 & 3 & 3 & 1 \end{bmatrix} \quad (12)$$

$$B_3 = \begin{bmatrix} & C10 & C11 \\ C10 & 1 & 1/3 \\ C11 & 3 & 1 \end{bmatrix} \quad (13)$$

$$B_4 = \begin{bmatrix} & C12 & C13 & C14 & C15 \\ C12 & 1 & 3 & 3 & 1 \\ C13 & 1/3 & 1 & 1 & 1/3 \\ C14 & 1/3 & 1 & 1 & 1/3 \\ C15 & 1 & 3 & 3 & 1 \end{bmatrix} \quad (14)$$

式中:

$$\begin{bmatrix} \omega_{B1} \\ \omega_{B2} \\ \omega_{B3} \\ \omega_{B4} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.532 \\ 0.185 \\ 0.185 \\ 0.098 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} \omega_{C1} \\ \omega_{C2} \\ \omega_{C3} \\ \omega_{C4} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.375 \\ 0.125 \\ 0.125 \\ 0.375 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} \omega_{C5} \\ \omega_{C6} \\ \omega_{C7} \\ \omega_{C8} \\ \omega_{C9} \end{bmatrix} =$$

$$\begin{bmatrix} 0.385 \\ 0.231 \\ 0.077 \\ 0.077 \\ 0.231 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} \omega_{C10} \\ \omega_{C11} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.25 \\ 0.75 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} \omega_{C12} \\ \omega_{C13} \\ \omega_{C14} \\ \omega_{C15} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.375 \\ 0.125 \\ 0.125 \\ 0.375 \end{bmatrix}$$

采用模糊层次分析法,最后得到指标的权重值及评分如表5所示。

3.4 结果分析

对小区进行了四表集抄系统的改造之后,需要向水、气、热厂传输采集的信息,根据每个住户每月收取3元的手续费,则可以获得54000收入。同时,采用远程抄表技术,则省去了工人抄表的支出及降低了工作量,以每个月每个抄表需要一个工人来算,平均工资取3500,则可节省开支126000元。从上述分析可以得出,实行四表集抄系统,大大提高了信息采集的便捷性,降低了工作量,节省了开支。

从四表集抄系统的模糊层次评价结果中可以看出,系统的最后得分为81.384分,而传统的采集方法评分为68.231,可见,实现四表集抄系统的改造之后,更利于电、

表 5 四表采集系统指标权重及评分

指标	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15
权重	0.199	0.066	0.066	0.200	0.071	0.043	0.014	0.014	0.043	0.046	0.138	0.037	0.012	0.012	0.037
评分	79	81	78	81	89	85	64	83	65	88	86	85	75	69	95
综合	81.384														
传统评分	66	58	72	75	81	73	74	75	75	74	62	56	75	73	71
综合	68.231														

水、气、热信息的采集。

四表集抄用电信息采集系统是建立在成熟的数据采集架构基础之上,通过对本地信道的改善实现四种数据的采集,表计是数据采集的源头,通过增加表计的相关功能,实现四表集抄的功能,数据采集是关键技术,通过当前用电信息采集的现状,结合水、气、热表的实用情况,制定合理的技术标准实现数据的组合采集。四表集抄系统的实现,提升了国民幸福感指数,加快了智慧城市的建设进程,在此基础上进行多表集约化建设是值得深入研究的方向。

4 结 论

对四表集抄系统的架构及通信技术进行了研究,并提出了建设四表集抄系统的技术路线。采用模糊层次分析法对构建的四表集抄系统进行综合评分。通过在福建某小区进行四表集抄系统项目建设,经过比对分析,可知四表集抄系统的建设节省了支出,降低了工作量,有助于规范化管理。采用模糊综合评价方法,对比项目改造前后的评分可知,改造后的四表集抄系统相比于改造前性能有了很大提升,验证了四表集抄系统的实用性。

构建的四表集抄系统实现了水、电、气、热的同时采集,提升了客户满意度,加快了智慧城市的建设进度。同时采用模糊综合评价的方法对四表集抄系统的性能进行评价,评价结果说明了该系统具有良好的性能。该系统基于现有基础上对通信线路进行改造,以更小的成本实现四表的集抄,为电力系统的集成化管理带来了极大的便利。

参考文献

- [1] 欧阳曾恺,穆小星,徐晴,等.“电水气”三表采集数据通信试验平台设计[J].自动化与仪表,2017,32(10):22-26,41.
- [2] 周瑾.国网江苏电力扩大多表采集规模[N].国家电网报,2017-06-20.
- [3] 邵泽华.水、电、燃气、热四表集抄的信息运行方式[J].煤气与热力,2016,36(11):40-46.
- [4] 范志夫,刘强,严勤.浅谈用电信息采集系统四表集抄的设计与实现[J].江西电力,2016,40(6):6-9.

- [5] 高林贤,徐景涛,郑留强,等.基于 GPRS 通信的四表集抄系统的研究[J].科技创新与生产力,2017(6):87-89,93.
- [6] 郭荣祥,徐清新,王思力,等.四表集抄远程遥测系统设计[J].自动化应用,2018(3):22-24.
- [7] 马晓琴,张倩,马占海,等.“多表合一”数据采集在用电信息采集系统中的实现[J].青海电力,2017,36(4):59-62.
- [8] 夏水斌,余鹤,何行,等.水电气多表合一数据自动采集系统设计[J].计算机测量与控制,2018,26(3):141-144,149.
- [9] 李久福,左美洋.多表合一采集技术在建筑电气设计中的探讨[J].智能建筑电气技术,2018,12(1):63-66.
- [10] 吴海平,蔡晓岳,秦丽华.水电气“多表合一”的一体化采集实践[J].中国电力企业管理,2016(29):62-63.
- [11] 唐悦,刘宣.多表合一信息采集器 M-Bus 接口保护设计及检测方法研究[J].建设科技,2017(6):18-19,33.
- [12] 何恒靖,赵伟,黄松岭,等.云计算在电力用户用电信息采集系统中的应用研究[J].电测与仪表,2016,53(1):1-7.
- [13] 刘从法,罗日成,雷春燕,等.基于 AHP 灰色定权聚类的电力变压器状态评估[J].电力自动化设备,2013,33(6):104-107,133.
- [14] 李蕊,李跃,徐浩,等.基于层次分析法和专家经验的重要电力用户典型供电模式评估[J].电网技术,2014,38(9):2336-2341.
- [15] 李正明,张纪华,陈敏洁.基于层次分析法的企业有序用电模糊综合评估[J].电力系统保护与控制,2013,41(7):136-141.
- [16] 黄知超,谢霞,王斌.结合模糊综合评判与决策的电力系统状态估计[J].电力系统保护与控制,2015,43(7):65-69.

作者简介

邓裕东,1973 年出生,硕士,主要研究方向为信息系统与软件。

E-mail:dengyudongelectric@163.com