

On the Reform of Power Grid for Farmyard Tourist Areas

Tao Yang, Yunfei Ma, Bingran Shao, Jian Xue, Tao Qin, Suna Bai, Congzhi Ma

State Grid Tianjin Electric Power Corporation Economic and Technology Research Institute, Tianjin
Email: 13902101068@163.com

Received: Nov. 27th, 2017; accepted: Dec. 13th, 2017; published: Dec. 21st, 2017

Abstract

The continuous development of scenic regions promoted by the local government has achieved remarkable results for a suburb district of Tianjin, which also has caused the increase of the power demand due to the growing number and scale of the tourist accommodation farmyard. That apart from some common ones, there are also problems such as faulty reported information on users' power installation, original information not getting updated in time after house renovation, which make it almost impossible to deliver an effective forecast on the power load growth in these areas. Additionally, power reconstruction cannot keep up with farmyard construction; distribution transformers are overloaded during the peak season; the peak-valley load difference of the farmyard power consumption is excessive; power load is uneven and transformer three-phase imbalance is getting serious. This thesis is aimed at conducting an analysis on the problems with the power network reconstruction and attempt to provide certain solutions.

Keywords

Rural Power Grid, Farmyard, Load Analysis, Power Supply Reconstruction

农家院旅游景区配电网改造方案研究

杨 涛, 马云飞, 邵冰然, 薛 健, 秦 涛, 白苏娜, 马聪智

国网天津市电力公司经济技术研究院, 天津
Email: 13902101068@163.com

收稿日期: 2017年11月27日; 录用日期: 2017年12月13日; 发布日期: 2017年12月21日

摘 要

天津近郊某地区, 随着政府对景区的不断开发, 当地旅游经济在近年取得飞速发展, 供游客旅游住宿的

农家院数量及规模逐年扩大, 用电需求量大幅增加。该地区除存在传统农村电网共性问题外还存在如农家院用户用电报装信息不实, 亦或是经过房屋加盖改造, 原有信息未及时得到更新, 导致无法准确估算台区负荷增长情况; 电力改造无法跟上农家院建设速度, 用电高峰期配电变压器过载严重; 农家院用电负荷峰谷差较大; 用电负荷不均, 变压器三相不平衡等诸多问题, 本文针对发现问题将开展具体研究。

关键词

农网, 农家院, 负荷估算, 农网改造

Copyright © 2017 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 绪论

1.1. 研究背景及意义

随着我国经济的整体发展, 农村地区百姓生活水平也在不断提高, 空调、冰箱、热水器等家用电器保有量逐年增加, 用电负荷大幅增长。据 2012 年 9 月国家电网公司履行社会责任、服务三农、建设公益品牌新闻发布会上公布消息, 国家电网公司服务范围县及县以下年售电量达到 1.63 万亿千瓦时, 占国网公司系统总售电量的 53.1%。2006~2011 年农村发展、农业生产(含排灌)、农村居民生活用电量年均增长率分别达到 18.4%、8.3%和 15.1% [1]。

天津市近郊某地区, 随着政府对辖区景区的不断开发, 当地旅游经济在近年来取得飞速发展, 逐步形成了借助当地自然条件优势, 以重点发展文化、旅游、健康、生态休闲等产业为主的农村旅游产业带。农家院以旅游住宿为主要经营内容, 普遍分布在旅游景区周边, 用电负荷特征以空调、热水器等家用电器负荷为主。负荷需求主要出现在每年 4~10 月的节假日, 负荷高峰出现在 19:00~21:30。高负荷间断性特征明显, 大负荷持续时间为 2~3 个小时。该类地区非节假日负荷为村民正常生活用电, 负荷很小。经统计, 节假日负荷为非节假日负荷的 8~15 倍, 且季节性特征明显。此类农家院还存在报装随机、报装容量小、报装难以控制等特点, 导致无法准确估算台区负荷增长情况, 这给供电单位日常运行维护和工程规划带来了很大的困难。

1.2. 研究目的及拟解决问题

由于农网管理体制长期以来相对滞后, 整体投资少, 造成农网与城网相比存在技术落后, 发展迟缓, 供电能力不足, 整体水平落后的现象。现阶段农家院密集的旅游景区依然采取原有农网改造原则, 但用电负荷已远远超过了农网用电范畴。主要存在以下几个方面的问题[2] [3] [4]:

- 1) 农网设备运行年限长, 老化严重, 不满足运行要求的中、低压线路仍在坚持运行, 配电变压器容量偏小, 耗能过大。防外力等配套设施不完善, 无法保证供电可靠性。
- 2) 网架结构不合理, 负荷分配不均, 中低压线路供电半径长, 末端用户供电质量差, 供电可靠性低。
- 3) 农村电网用户数量分散, 负荷密度小, 负荷高低存在较大差距; 线路过长, 且线路分支较为分散, 功率因数低, 受自然环境及外力影响大, 使得供电可靠性及供电质量较差[5]。
- 4) 农家院用户用电报装提供的基本信息不实, 亦或是经过房屋加盖改造, 原有信息无法及时得到更新。

- 5) 电力改造无法跟上农家院建设的速度,通常是今年上报计划新增布点,明年依然变压器过载运行。
- 6) 农家院用电本身有季节性,时间性的分布特点,在用电高峰时变压器负载率往往很高,而在用电低谷时,则变压器大部分为空载运行,对供电设备的安全稳定运行产生很大影响。
- 7) 低压台区内农家院用电不均造成变压器三相负载不平衡,对配电变压器使用寿命影响大。
- 8) 部分农家院由于低压线路所供房间数多,负荷较大,或是导线截面偏小导致不能满足供电质量需求。
- 基于目前农家院旅游景区存在的以上主要问题,在对农家院旅游景区用电情况进行详细分析的基础上,通过对负荷情况的估算,结合农家院用户用电特性,总结出解决目前供电存在问题的方法,指导日后农家院旅游景区配电网的建设与改造工作。

2. 负荷严重低估问题分析

2.1. 典型地区变压器负载情况

为掌握不同时间周期内农家院地区变压器负载情况,选取农家院密集地区一台 400 kVA 变压器作为对象,通过实时数据统计分析,选取用电负荷高峰和低谷两个特征月份,结果如图 1,图 2 所示。

图 1 和图 2 显示为该变压器 8 月份旅游旺季和 2 月份旅游淡季负载情况对比,可以明显看出负荷随季节和时间的不同,峰谷差及三相负荷不平衡情况。

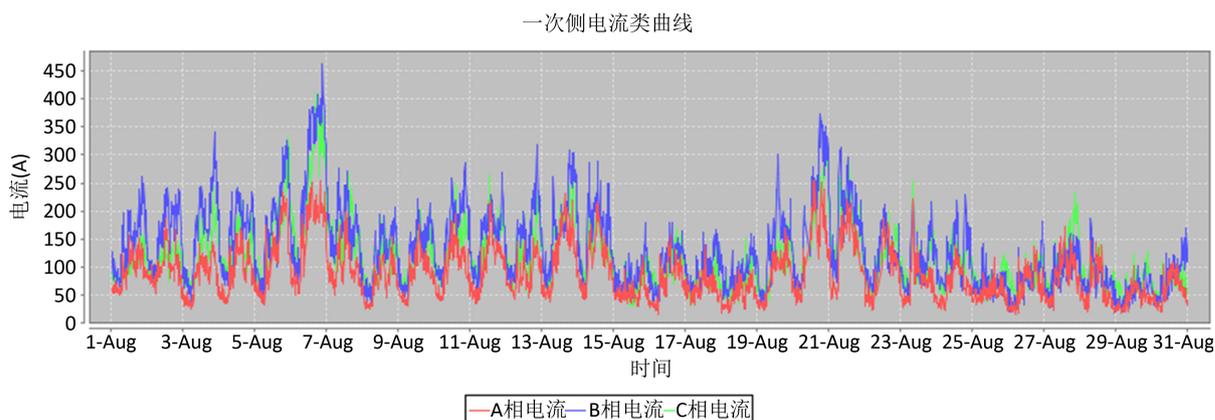


Figure 1. Electrical load in August

图 1. 8 月份负荷情况

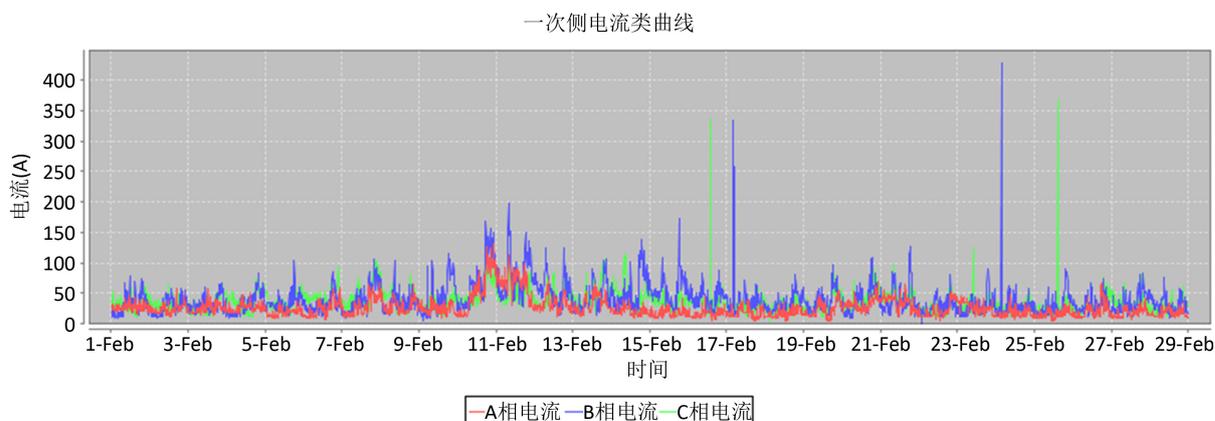


Figure 2. Electrical load in February

图 2. 2 月份负荷情况

2.2. 农家院电器情况分析

为便于对农家院旅游景区负荷情况进行分析,从三个地区中选取部分农家院,针对各农家院电器情况进行调研,如表 1 所示。

通过调研,可以总结出农家院中通用电器情况如表 2 所示。

2.3. 农家院负荷估算指标

从单位面积负荷值和单位房间负荷值两个方面进行分析,根据分析结果,确定农家院负荷估算采用的指标。

1) 为得到农家院达到饱和时的单位面积负荷值,选取三个地区中至 2015 年农家院覆盖率在 90% 以上的农家院进行分析,结果如表 3 所示。

由表 2~表 3 可知,由于各地区农家院规模及所处地域的不同,导致农家院接近饱和时,不同地区单位面积负荷值相差较大,因此,采用单位面积负荷值作为农家院地区负荷估算的指标,是不适合的。

2) 为得到农家院达到饱和时的单位房间负荷值,选取三个地区中至 2015 年农家院覆盖率在 90% 以上的农家院进行分析,结果如表 4 所示。

由表 4 可知,至 2015 年农家院规模接近饱和时,不同地区农家院的单位房间负荷值大约均为 3.2 kW,这个数值与调研数据也是一致的,因此农家院地区负荷估算的指标选取单位房间负荷值 3.2 kW 作为指标。

2.4. 饱和地区农家院负荷同时率的确定。

同时率(%) = 电力系统综合最大负荷 / \sum 电力系统各组成单位的最大负荷的代数和 $\times 100\%$

《农村水电供电区电力发展规划导则》提出全国部分县级电网的同时率为 0.25~0.45 区间[6],为准确计算饱和农家院地区负荷同时率,选取毛家峪和常州两个村。2015 年毛家峪村各农家院最大用电负荷之和(理论值)为 3861 kW,常州村各农家院最大用电负荷之和(理论值)为 3915 kW。毛家峪村截止 2015 年装接配电变压器容量 2115 kVA,用电信息采集系统显示该村 5 台配电变压器 2015 年最大总负荷为 1322 kVA,如图 3 所示,套用同时率计算公式,经计算该村同时率约为 0.34;常州村截止 2015 年装接配电变压器容量 2690 kVA,用电信息采集系统显示该村 7 台配电变压器 2015 年最大总负荷为 1485 kVA,如图 4 所示,套用同时率计算公式,经计算该村同时率约为 0.379,结合《农村水电供电区电力发展规划导则》中所提出的同时率系数,综合考虑地区实际情况,确定饱和地区农家院同时率取 0.37。

2.5. 小节

本章根据实际调研结果,总结出农家院负荷估算的指标,即单位房间负荷值,根据得到的指标值,进行相关地区负荷估算。此项指标值也可以作为其他地区农家院进行负荷估算时的指标。

3. 农家院旅游景区配电网改造方法

基于农家院用户的特殊情况,已有的供电标准在部分地区已不适用,因此针对目前农家院的实际情况,提出农家院旅游景区的配电改造方法。

按照现有的农网改造方案原则,增加配电变压器的容量和数量,降低 0.4 kV 低压供电半径,保证用户达到峰值时的用电需求;增加低压出线开关,保证低压导线的截面满足峰值时的用电需求,此方案只解决了峰值时用电的情况和导线线径过细的问题,在用电低谷时变压器的空载损耗以及变压器三相不平衡依然无法解决。

随着农家院规模的不断发展,其用电已趋近于城市用电,因此建议改变原有的农家院用电性质,将

Table 1. Farmyard electric load
表 1. 农家院电器情况

农家院名称	所属地区	房间数	厨房电器	额定功率 (kW)	餐厅电器	额定功率 (kW)	客房电器	额定功率 (kW)	其他电器	额定功率 (kW)
三兄弟	盘山(莲花岭)	26	蒸车	3	空调(夏季)	5	空调(夏季)	1.5		
			微波炉2个	1	空调(冬季)	5.6	空调(冬季)	2.38		
			消毒柜	0.2			热水器	1.5		
			电饭锅4个	2.8			电视	0.15		
			电饼铛2个	2.5			电暖气	2.5		
			凉菜柜	2			电热水壶	1.5		
			冰柜2个	2						
			热水器	1						
			排风扇2个	0.5						
			冷藏柜	1.2						
鹏来农家	盘山(莲花岭)	35	电饼铛2个	2.5	空调(夏季)2个	7.2	空调(夏季)	1.5	空调(夏季)	2.5
			排风扇2个	0.5	空调(冬季)2个	8.4	空调(冬季)	2.38	空调(冬季)	5
			电风扇3个	0.06			热水器	1.5	爆闪	2
			冷库	3			电视	0.15	其他	3
			消毒柜	0.2			电地暖	5		
			微波炉	1			电热水壶	1.5		
			电饭锅2个	2.8						
祥云阁	马伸桥(毛家峪)	40	排风扇2个	0.5	空调(夏季)	5	空调(夏季)	1.5		
			微波炉	1	空调(冬季)	5.6	空调(冬季)	2.38		
			冰柜	2			热水器	1.5		
			电饭锅2个	2.8			电视	0.15		
							电热水壶	1.5		
惠园阁	马伸桥(毛家峪)	64	蒸车	3	空调(夏季)2个	5	空调(夏季)	1.5		
			热水器2个	1	空调(冬季)2个	5.6	空调(冬季)	2.38		
			冷藏柜2个	1.2			热水器	1.5		
			消毒柜	0.2			电视	0.15		
			排风扇2个	0.5			电热水壶	1.5		
			微波炉	1						
			电饼铛	2.5						
			电风扇2个	0.06						
久久	下营(常州)	36	冰柜2个	2	空调(夏季)2个	7.2	空调(夏季)	1.5		
			排风扇	0.5	空调(冬季)2个	8.4	空调(冬季)	2.38		
			热水器	1			热水器	1.5		
			电饭锅	2.8			电视	0.15		
			微波炉	1			电热水壶	1.5		
			蒸车	3						
			消毒柜	0.2						
九鼎轩	下营(常州)	40	冰柜2个	2	空调(夏季)2个	7.2	空调(夏季)	1.5		
			排风扇	0.5	空调(冬季)2个	8.4	空调(冬季)	2.38		
			微波炉	1			热水器	1.5		
			热水器2个	1			电视	0.15		
			蒸车	3			电热水壶	1.5		
			冷藏柜	1.2						

Table 2. Farmyard general appliances electric load
表 2. 农家院通用电器情况表

厨房电器	额定功率(kW)	客房电器	额定功率(kW)	餐厅电器	额定功率(kW)
蒸车	3	空调(夏季)	1.5	空调(夏季)	5/7.2
微波炉	1	空调(冬季)	2.38	空调(冬季)	5.6/8.4
消毒柜	0.2	热水器	1.5		
电饭锅	2.8	电视	0.15		
电饼铛	2.5	电热水壶	1.5		
凉菜柜	2				
冰柜	2				
热水器	1				
排风扇	0.5				
冷藏柜	1.2				
电风扇	0.06				

Table 3. Electrical load per unit area
表 3. 单位面积负荷值

地区	所属村	项目	2012年	2013年	2014年	2015年	至2015年农家院覆盖率
盘山	莲花岭	建筑面积(m ²)	14921	24868	42276	47250	
		最大负荷(kW)	2281	3717	5683	8518	95%
		单位面积负荷值(w/m ²)	153	149	134	180	
	砖瓦窑	建筑面积(m ²)	24444	33611	48889	55000	
		最大负荷(kW)	3289	4246	5399	6943	90%
		单位面积负荷值(w/m ²)	135	126	110	126	
马伸桥	毛家峪	建筑面积(m ²)	15675	19507	25080	31350	
		最大负荷(kW)	1575	2106	2599	3861	95%
		单位面积负荷值(w/m ²)	100	108	104	123	
下营	常州	建筑面积(m ²)	31000	42440	43900	43900	
		最大负荷(kW)	1130	2948	3524	3915	95%
		单位面积负荷值(w/m ²)	36	69	80	89	

Table 4. Electrical load per unit room
表 4. 单位房间负荷值

地区	所属村	项目	2012年	2013年	2014年	2015年	至2015年农家院覆盖率
盘山	莲花岭	农家院房间数	900	1400	2000	2700	
		最大负荷(kw)	2281	3717	5683	8518	95%
		单位房间负荷值(w/房间)	2534	2655	2841	3155	
	砖瓦窑	农家院房间数	1300	1600	1900	2200	
		最大负荷(kw)	3289	4246	5399	6943	90%
		单位房间负荷值(w/房间)	2530	2654	2842	3156	
马伸桥	毛家峪	农家院房间数	615	794	958	1210	
		最大负荷(kw)	1575	2106	2599	3861	95%
		单位房间负荷值(w/房间)	2561	2653	2713	3191	
下营	常州	农家院房间数	598	1170	1243	1243	
		最大负荷(kw)	1130	2948	3524	3915	95%
		单位房间负荷值(w/房间)	1890	2520	2835	3150	

台区编号	台区名称	台区容量	终端逻辑地址	日期	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月	最大负荷
JX0621109	毛家峪315	400	12005C8C	2015	101.104	82	66.432	179.504	171.24	195.96	285.432	279.864	169.16	192.48	129.176	94.44	285.432
JX0621110	穿芳峪乡毛家峪村	315	1200D4DF	2015							45.256	110.464	62.2	98.496	63.608	81.312	110.464
JX0621113	毛家峪800	800	12004F16	2015	246.896	134.736	129.088	382.336	379.936	304.464	461.792	473.92	203.264	377.792	209.008	156.144	473.92
JX0621107	毛家峪315	400	12004E53	2015	126.952	104.6	73.44	175.304	169.776	213.088	209.136	236.416	128.048	167.192	111.208	43.744	236.416
JX0621114	毛家峪200	200	1200C6F3	2015	37.88	36.952	60.888	216.08	115.424	136.072	182.744	168.392	99.896	136.536	126.168	49.872	216.08

Figure 3. Maximum electrical load of Maojiayu village in 2015

图 3. 毛家峪村 2015 年台区最大负荷

台区编号	台区名称	台区容量	终端逻辑地址	日期	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月	最大负荷	最大负荷 发生时间
JX2221347	常州4号	400	1200C5EC	2015				68.256	126.48	93.372	90.612	127.74	111.648	205.596	124.884	87.432	205.596	2015-10-02 21:30:00.0
JX2221346	常州1号	315	1200B36	2015	50.76	32.37	71.92	208.25	144.01	113.5	154.51	143.68	128.27	262.64	153.69	74.31	262.64	2015-10-01 21:00:00.0
JX2221330	常州西	315	1200C863	2015	26.08	17.67	37.68	135.26	125.28	919.45	100.08	110.4	84.7	150.96	20.55	15.3	150.96	2015-10-04 21:30:00.0
JX2221348	常州5号	630	1200B6E9	2015	103.82	60.18	103.26	285.52	229.4	163.36	208.76	221.1	199.36	281.36	201.52	72.66	285.52	2015-04-04 22:15:00.0
JX2221335	常州村东北	315	1200CA97	2015	81.53	69.13	41.1	197.45	199.09	167.69	187.29	180.84	173.76	296.01	149.46	98.36	296.01	2015-10-17 20:45:00.0
JX2221327	常州3号	315	1200C6F4	2015	53.76	34.6	40.02	167.05	140.04	139.84	146.69	145.71	136.44	208.49	111.86	40.78	208.49	2015-10-01 21:30:00.0
JX2221308	常州2号	400	1200C6F1	2015	41.52	28.42	72.09	113.1	115.7	91.38	133.22	121.73	96.38	229.25	115.72	103.87	229.25	2015-10-04 20:15:00.0

Figure 4. Maximum electrical load of Changzhou village in 2015

图 4. 常州村 2015 年台区最大负荷

新建农家院按装接容量进行等级划分，估算超过某定值容量的农家院由红号专用变压器进行单独供电。以下将列出与原技术改造原则的区别。

3.1. 配电变压器

结合农家院地区用户大负荷持续时间短等特征，根据市场调研的情况，目前适用于该地区的变压器共分以下几种：非晶合金变压器、高过载变压器、有载调容变压器。经实际计算有载调容变压器空载运行费用与高过载变压器相当，但调容变压器市场售价是高过载变压器的 3 倍左右；选择大容量变压器市场售价与高过载变压器相当，但大容量变压器空载运行费用是高过载变压器的 1.4 倍左右，从变压器销售成本、空载年运行费用、过载能力等综合评估，结合农家院用户大负荷持续时间短等特征，推荐采用高过载变压器为农家院改造用变压器。所需配变容量 $\Delta W = W - W_{\text{现有}} = \eta \times \text{最大负荷} - W_{\text{现有}}$ 。其中 η 为农家院同时率， $W_{\text{现有}}$ 为目前配变容量。

3.2. 10 kV 线路

利用现有 0.4 kV 线路电杆，将原有 10 kV 线路与 0.4 kV 线路通过同杆并架延伸至改造村落的变压器处。现改造技术原则考虑到 10 kV 线路与 0.4 kV 线路会出现大量的同杆并架的情况，为保证导线间及电杆上电气设备对用户的安全距离，10 kV 架空线路一般选用 12 米或 15 米钢筋混凝土电杆，特殊地区可采用 18 米电杆。

3.3. 0.4 kV 低压线路

0.4 kV 低压线路供电半径应结合供电条件，主干线路一般不超过 250 米。0.4 kV 低压导线可借用如下公式进行计算： $S = PL/C\Delta U\%$ ，式中 P ——有功功率，kW； L ——输送距离，m； C ——电压损失系数。

在各相负荷分布均匀的三相四线制供电系统中，铜导线电压损失系数 C 选取为 85，铝导线电压损失系数 C 选取为 50；单相 220 V 供电时，铜导线电压损失系数 C 选取为 14，铝导线电压损失系数 C 选取为 8.3。

3.4. 电压调整装置

对于电压波动大或压降大的辐射型线路，可考虑选用 SVR 馈线自动调压器。对于含有小水电等新能源并网的线路，宜采用 BSVR 双向馈线自动调压器；对于供电半径长且电压变化较为剧烈的线路，宜采

用 TVR 晶闸管高压自动调压器。

3.5. 低压三相不平衡调节开关

建议针对此类农家院地区在变压器低压侧安装智能三相不平衡调节开关。此类开关从用户侧考虑，通过在入户端加装在线测量单元，通过在线实时监测用户侧三相电流和三相电压情况，利用载波模块可靠传送数据，经集中控制器加以计算，综合分析当前用电概况和电压电流不平衡状况，根据三相不平衡调整策略计算出相切换动作指令，并下发至各分支单元进行动作，直接调节客户侧供电相，从而使三相电压达到动态平衡状态，降低三相不平衡度。

4. 结论

通过对农家院旅游景区的实地走访及历史信息数据的搜集，结合以往实际运行经验，以数据为基础，针对负荷估算不准确、现有农网改造方法不适用于农家院旅游景区供电区域等问题，本文提出了结合农家院饱和程度，按照单位房间负荷值的方法对农家院旅游景区未来负荷发展情况进行估算；依据现有农网改造方案，结合高过载型变压器的使用，通过高低压同杆并架的方式增加黑号变压器的容量和数量，降低低压供电半径，保证用户达到峰值时的用电需求；对用电负荷不均造成配电变压器三相不平衡的问题区域通过三相不平衡调节装置进行有效调节，改善台区三相负载不平衡率，降低台区的低压线损，保证配电网安全稳定运行；增加低压出线开关，保证低压导线的截面保证用户达到峰值时的用电需求等一系列改造措施。

参考文献 (References)

- [1] 国家电网公司. 国家电网公司履行社会责任, 服务三农, 建设公益品牌新闻发布会[C]. 2012.
- [2] 罗红, 郭喜庆. 农村配电网合理结构研究[C]//全国高等学校电力系统及其自动化专业第十届学术年会论文集, 成都, 2003: 157-159.
- [3] 李晓宇, 邵跃平. 浅谈农村电网低电压治理[J]. 电力需求侧管理, 2011(2): 49.
- [4] 汤红卫. 基于 GIS 的农村电网规划方法的研究[D]: [博士学位论文]. 北京: 中国农业大学, 2001.
- [5] 李瑞桂. 农网低电压综合治理[J]. 北京电力高等专科学校校报, 2012(2): 216-217.
- [6] 中华人民共和国水利部. 农村水电供电区电力发展规划导则 SL22-2011 [S]. 北京: 中国水利水电出版社, 2011.

知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2328-0514, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>
期刊邮箱: aepe@hanspub.org