

# 农网规划建设 中配网电压等级的选择分析

陈根永<sup>1</sup>, 张新民<sup>1</sup>, 孙启伟<sup>2</sup>

(1. 郑州大学电气工程学院, 河南 郑州 450001; 2. 安阳供电公司, 河南 安阳 455000)

**摘要:** 根据农网的现状以及新农村建设对农网电力负荷的影响, 以河南某地区县级电网的现有网架结构和负荷数据为基础, 对中长期电网规划的电压等级选择进行分析。结合该地区具体的网架和负荷发展情况, 所确定的两种规划方案均满足供电可靠性要求, 以远期最终的经济性为主要考察指标, 其中包括建设费用、原有设备的折旧、资金的时间价值、主变损耗以及线路损耗的资金折算、运行维护费用等, 对农网配电网电压等级的确定以及电网建设的过渡网架进行了经济性评价。通过对两种方案最终的经济性比较得出的结论表明, 电网建设应结合远期规划目标确定新建站的电压等级。

**关键词:** 新农村电气化; 线路损耗; 配电网; 电压等级; 负荷预测

## Voltage grade selection analysis of rural power network planning and construction

CHEN Gen-yong<sup>1</sup>, ZHANG Xin-min<sup>1</sup>, SUN Qi-wei<sup>2</sup>

(1. School of Electrical Engineering, Zhengzhou University, Zhengzhou 450001, China;  
2. Anyang Power Supply Company, Anyang 455000, China)

**Abstract:** According to the present situation of the rural power network and the effect which are made to the rural power load by the new countryside construction, based on the grid structure and load data of an area in Henan province, this paper points out the necessity of selecting voltage level. Combined with the specific situation of the network and load development in the region, it identifies two types of program planning which can ensure power supply reliability. The two schemes take the ultimate economy as main value index, including construction costs, the conversion of obsolete equipment funds, the time value of money, the conversion of the main transformer and line loss funds, operation and maintenance costs and so on. The economy of rural distribution voltage grade and transitional grid is evaluated. By comparing the two programs of economy, it reaches the conclusion that power grid construction should combine with long-termed planning goals to determine the voltage grade of the newly built substations.

**Key words:** new rural electrification; line loss; distribution network; voltage grade; load prediction

中图分类号: TM715 文献标识码: A 文章编号: 1674-3415(2010)07-0119-05

## 0 引言

新农村建设政策的落实, 使得近年来我国农村地区经济发展迅速, 县级电网(农网)的电力负荷出现快速增长。随着国家对农网改造大规模投资的完成, 电网的供电能力大幅提高; 同时“两改一同价”等措施, 尤其是2007年以来, 政府推动的“家电下乡”补贴政策使得农村电网的负荷需求快速上升。农村家电的使用日益增多, 可能导致负荷出现跨越式的增长。

在新农村电气化建设的背景下, 针对近年来农网负荷发展比较快的特点, 电网规划除考虑电源建设以外, 还应配网采用的电压等级进行优化分析, 以经济性为主要目标函数<sup>[1]</sup>, 进行规划方案的比较,

提出适合负荷发展的规划方案。

## 1 农网电压等级现状

目前农网基本都采用110 kV、35 kV、10 kV、400 V四个电压等级的配电网模式, 城市电网一般都采用110 kV、10 kV、400 V配网电压, 近年来为了提高供电能力, 降低损耗, 很多大城市已经开始采用110 kV、20 kV、400 V模式, 苏州工业园区的中新合作区采用了20 kV配电电压等级, 1996年投运。国网公司明确要求各地在城市电网中推广采用20 kV电压等级。因此电压等级的优化选择是电网规划的重要内容。与城市电网相比, 河南省的县级电网中农村负荷占有较大比重, 虽然过去农村电网负荷密度较低, 但近年来增长迅速, 长期以来针对

35 kV 电压等级的存废存在较大争议, 考虑到多种因素的影响, 在农网中期建设规划中不宜采用 20 kV 电压等级, 是否取消 35 kV 电压等级, 需结合各地实际情况进行技术经济比较, 最终确定适当的电压等级。

下面以河南某农网为例进行分析。

## 2 河南某农网负荷特点

截止 2007 年底, 规划区已有一 220 kV 主电源点, 110 kV 变电站一座, 35 kV 变电站 4 座, 分别供 A、B、C、D 四个乡, 2007 年该地区 35 kV 及以上电网地理接线现状见图 1。

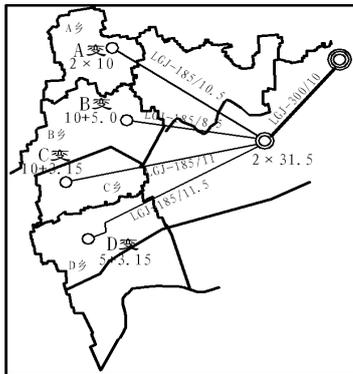


图 1 2007 年 35 kV 及以上电网地理接线现状图

Fig.1 Geographic map of more than 35 kV power grid in 2007

规划区域面积为 170 km<sup>2</sup>, 2007 年总负荷为 32.9 MW, 负荷密度达到了 193.5 kW/km<sup>2</sup>, 具体数据见表 1。

该地区经济发展迅速, 负荷基数小但增长较快,

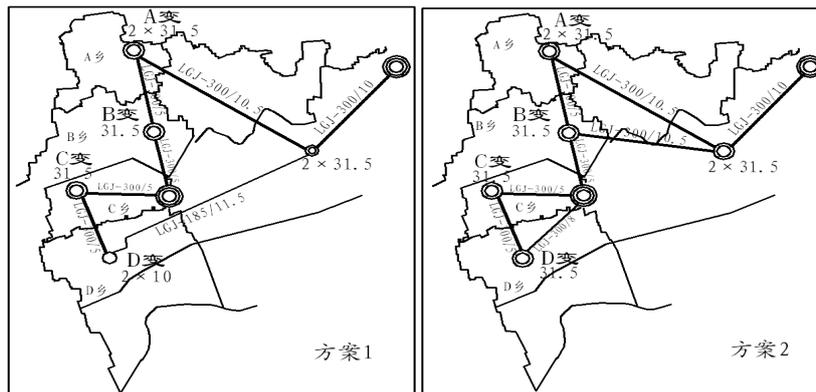


图 2 2013 年 35 kV 及以上电网地理接线规划图

Fig.2 Geographic planning map of more than 35 kV power grid in 2013

## 4 两种方案经济性比较

经济性<sup>[4]</sup>主要考虑四个方面的因素: (1) 建设费用, (2) 损耗费用<sup>[5]</sup>, (3) 运行维护费用, (4)

从目前统计数据看, B 站和 D 站的容载比已经不能满足要求。

表 1 35 kV 变电站基本情况表

Tab.1 Basic information of 35 kV substations

序号	供电 变电站	变电容量 / MVA	供电 区域	负荷 / MW	容载比
1	A	20	A 乡	10.8	1.85
2	B	15	B 乡	9.2	1.63
3	C	13.15	C 乡	7.3	1.80
4	D	8.15	D 乡	5.6	1.46
总计		56.3		32.9	

## 3 规划方案的确定

两种电网规划方案中容载比按照 1.8~2.1 考虑<sup>[2-3]</sup>:

方案 1 电网建设的一般模式: 对原有基础电网, 随着负荷增长, 若区域负荷密度达到建设 110 kV 变电站要求时即建设 110 kV 变电站, 其他 35 kV 变电站根据负荷增长逐步扩建或增容, 负荷进一步增长时再升压或新建 110 kV 变电站。

方案 2 考虑到区域负荷的快速增长以及变电站建设的长远规划, 在新农村电网改造建设中, 逐步取消 35 kV 电压等级, 如果容载比不满足要求, 即选址直接建设或将原 35 kV 变电站升压为 110 kV 变电站, 不再对原有 35 kV 变电站进行扩容。至 2013 年两种规划方案如图 2 所示。该地区负荷预测结果见表 2。

资金的时间价值 (银行利息)。

### 4.1 建设费用的比较

表 3 为河南 2007 年变电站及相关建设项目的平均综合造价。

按照中长期贷款的年利息为 7.56%，考虑到退 的建设费用见表 4。  
出设备的资金折算以及具体的土地征用情况，每年

表 2 各分区负荷预测结果

		2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
A	负荷	10.8	12.42	14.28	16.43	18.89	21.72	24.98	28.73	33.04	37.99
B	负荷	9.2	10.58	12.17	13.99	16.09	18.50	21.28	24.47	28.14	32.36
C	负荷	7.3	8.40	9.65	11.10	12.77	14.68	16.89	19.42	22.33	25.68
D	负荷	5.6	6.44	7.41	8.52	9.79	11.26	12.95	14.90	17.13	19.70

表 3 电网输变电工程单位综合造价表

电压等级	工程项目	工程性质	规模	金额 / 万元
110 kV	变电站（一主变）	新建	1 座	1 600
	主变一台	二期	1 台	500
	线路（单回）	新建	1 km	40
35 kV	变电站（一主变）	新建	1 座	500
	主变一台	二期	1 台	140
	线路（单回）	新建	1 km	30

1) 主变损耗<sup>[6-7]</sup>

按照主变损耗计算公式： $\Delta P = P_0 + \beta^2 P_k$   
式中： $\Delta P$  为有功负荷； $P_0$  为空载损耗； $\beta$  为负载率； $P_k$  为短路损耗。

35 kV 原有主变为 SLZ<sub>7</sub> 系列。35 kV、110 kV 变电站新增主变均采用 SLZ<sub>11</sub> 系列。一年按照 8 760 h 计算，1 kWh 电费按 0.6 元计算，可得主变损耗及资金折算见表 5。

2) 线路损耗<sup>[6-7]</sup>

根据负荷预测结果及线路建设情况，计算线路损耗，110 kV 电压等级线路均采用 LGJ-300 型号的线路，35 kV 电压等级的线路均采用 LGJ-185 型号<sup>[8]</sup>。

## 4.2 线路及主变损耗费用比较

表 4 规划方案逐年建设费用表

年 份	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
方案 1 建设费用 / 万元	2 640	200	200	2 140	346	2 846	2 955	718	1 218
方案 2 建设费用 / 万元	2 220	2 408	2 277	2 803	1 159	697	697	697	773

表 5 各年度主变功率损耗及资金折算表

年 份	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
方案 1 功率损耗 / kW	402.40	378.81	427.35	488.58	478.78	542.88	562.49	526.13	593.44	699.28
方案 1 损耗折算资金 / 万元	211.50	199.10	224.62	256.80	251.65	285.34	295.64	276.53	311.91	367.54
方案 2 功率损耗 / kW	402.40	342.30	403.60	413.56	354.31	406.76	458.27	522.27	614.13	691.26
方案 2 损耗折算资金 / 万元	211.50	179.91	212.13	217.37	186.23	213.79	240.87	274.51	322.79	363.33

按照线路损耗计算公式:

$$\Delta P = \left( \frac{P_L}{U} \right)^2 \times R$$

$$R = \rho \frac{l}{S}$$

式中:  $P_L$  为线路负荷;  $U$  为电压;  $R$  为线路电阻;  $\rho$  为电阻率;  $l$  为线路长度;  $S$  为线路截面积。

计算结果见表 6。

### 4.3 维护费用比较

变电站运行维护<sup>[9]</sup>是变电站的日常管理工作,是电网安全可靠运行的保障,包括一般维护费用和 设备检修更新等。一般可按照一定的比例确定,结合变电站的情况,考虑到主变的容量以及所带负荷量的大小,取其一次投资的 5%计算<sup>[10]</sup>,可得运行维护费用见表 7。

表 6 各年度线路功率损耗及资金折算表

Tab.6 Line power loss and conversion of funds every year

年 份	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
方案 1 功率损耗 / kW	156.4	140.3	185.5	245.3	162.5	214.9	64.61	60.06	79.43	105.0
方案 1 损耗折算资金 / 万元	82.21	73.75	97.50	128.9	85.44	112.96	33.85	32.69	43.23	57.16
方案 2 功率损耗 / kW	156.4	140.3	143.3	121.1	25.27	34.33	45.41	60.06	79.43	102.4
方案 2 损耗折算资金 / 万元	82.21	73.75	75.37	63.69	13.28	18.04	23.87	31.57	41.75	53.84

表 7 规划方案维护费用表

Tab.7 Maintenance costs of planning programme

年 份	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
方案 1 维护费用/万元	660	700	700	700	700	700	800	900	900	1050
方案 2 维护费用/万元	660	610	610	580	600	750	750	750	1050	1050

### 4.4 总体费用的比较

将上述两种方案的各种费用汇总,可得各方案的逐年总费用,变化趋势详见图 3。

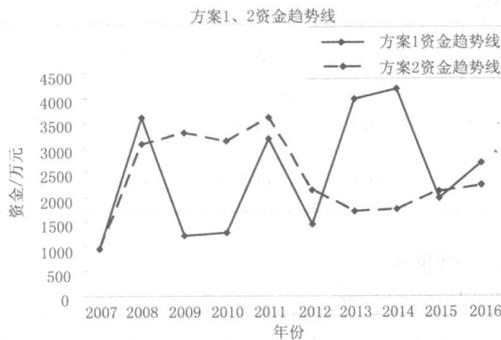


图 3 两种方案综合资金比较趋势线

Fig.3 Compared trend line of two programmes comprehensive funds

由图 3 可见,即便考虑资金的银行利率,随着时间的推移,方案 2 的经济性也比较明显。随着负荷的增大,负荷密度的增加,各区变电站远期均为 110 kV 变电站, 35 kV 变电站原有的设备和线路几乎全部退出系统,不再具有使用价值。图中各年所需资金波动比较大,这是因为方案 1 和方案 2 中,变

电站建设改造情况不同,所需费用也有明显差异。

### 5 结语

农网负荷近几年增速较快,在高负荷密度地区,电能损耗问题变得日益突出,减少变电层次是减少电能损耗的重要措施,同时会伴随着改造费用的增加。但负荷达到一定程度时都要进行升压改造,这只是一个时间问题。文中通过具体实例计算,得出在一定条件下,若不再增加 35 kV 变电站的投资,逐步取消该电压等级的方案,具有一定的经济可行性。

另外从逐年费用比较图中可以看出,两种方案的费用比较,在不同评价年份的结论不一样,但随着时间推移,在中长期建设周期内,随着负荷的增加,方案 2 的经济性表现的越来越明显。上述分析虽然针对某一地区,计算口径可能有一定偏差,但也说明在电网规划建设中,按规划原则进行电源优化建设的同时,也要进行中长期建设的经济性分析,对中间年份的过渡网架进行评估,尤其是对变电站电压等级的确定,特别对更大规模的电网建设,应该着眼于电网建设的长期建设费用的优化。电压等级的确定以及新建站的布局均需考虑长远规划,以

发挥资金效益,避免电网建设的短期行为。

### 参考文献

- [1] Willis H LEE. Power Distribution Planning Reference Book[Z]. North Carolina: ABB Power T&D Company Inc Cary, 1997.
- [2] 张建波,罗滇生,姚建刚,等.基于经济性分析的城网变电容载比取值方法研究[J].继电器,2007,35(13):39-43.  
ZHANG Jian-bo, LUO Dian-sheng, YAO Jian-gang, et al. Research on Value of Capacity-load Ratio in Urban Power Network Planning Based on the Economical Analysis[J]. Relay, 2007, 35(13): 39-43.
- [3] 姜祥生.城网配电电压等级研究[J].电网技术,1999,23(2):31-35.  
JIANG Xiang-sheng. An Investigation on Voltage Class for Urban Electric Network[J]. Power System Technology, 1999, 23(2): 31-35.
- [4] 卜学海,张炜,徐奇.我国目标网架初探[J].电网技术,2000,24(2):74-81.  
BU Xue-hai, ZHANG Wei, XU Qi. On Target Frameworks of Power System for Nation-wide Interconnection[J]. Power System Technology, 2000, 24(2): 74-81.
- [5] 王凌,许跃进.基于实际线路结构的低压电网线损计算[J].继电器,2007,35(19):16-21.  
WANG Ling, XU Yue-jin. Method for Calculating Low Voltage District Line Loss Based on Actual Network Structure[J]. Relay, 2007, 35(19): 16-21.
- [6] 陈戎生,姚成开,姜恩文,等.电力工程电气设备手册[M].北京:中国电力出版社,2000.146-397.  
CHEN Rong-sheng, YAO Cheng-kai, JIANG En-wen,

et al. Electrical Equipment Manual of Power Engineering[M]. Beijing: China Electric Power Press, 2000.146-397.

- [7] 纪雯.电力系统设计手册[M].北京:中国电力出版社,2000.  
JI Wen. The Design Manual of the Electric Power System[M]. Beijing: China Electric Power Press, 2000.
- [8] 秦广宇.110 kV直配35 kV方案在农村电网结构优化中的实施分析[J].电气应用,2007,4(3):38-40.  
QIN Guang-yu. The Analysis on the Scheme of the 110 kV Supplied 35 kV Directly in Rural Power Network[J]. Electric Appliance, 2007, 4(3): 38-40.
- [9] 林启伟.自动化变电站微机保护若干问题探讨[J].继电器,2002,30(11):48-51.  
LIN Qi-wei. Discussing on Several Problems of Microcomputer based Protection in Automation Substation [J]. Relay, 2002, 30(11): 48-51.
- [10] 徐奇.我国电网电压等级的理想分级[J].山西电力,2002,2(4):6-7.  
XU Qi. The Ideal Gradation on Voltage on Power Network in our Country[J]. Shanxi Electric Power, 2002, 2(4): 6-7.

收稿日期:2009-04-07; 修回日期:2009-05-26

#### 作者简介:

陈根永(1964-),男,副教授,硕士,主要从事电力系统运行与规划、继电保护方面的研究与教学工作;E-mail: cgyfyx@zzu.edu.cn

张新民(1982-),男,硕士研究生,主要从事电力系统运行与规划方面的研究;

孙启伟(1969-),男,硕士研究生,主要从事电力系统农网运行与规划方面的研究。

(上接第118页 continued from page 118)

直流屏更换的变电站所有电力设备运行正常,确保了系统安全、稳定运行,提高了供电可靠性,达到了预期的效果。

### 参考文献

- [1] 张乃国.电源技术[M].北京:中国电力出版社,1998.
- [2] 张惠,冯英.电源大全[M].成都:西南交通大学出版

社,1993.

- [3] 白忠敏,等.现代电力工程直流系统[M].北京:中国电力出版社,2002.

收稿日期:2009-04-16; 修回日期:2009-06-13

#### 作者简介:

徐凯(1978-),男,本科,从事电力系统继电保护现场运行维护工作。E-mail: xukaiaaa@126.com