

基于允许电压降落和改进损失系数法的中低压配 电线路最大供电距离计算

张彦

(贵州电网有限责任公司电网规划研究中心, 贵州 贵阳 550003)

摘要:配电网规划设计导则对中低压配电线路的供电距离提出了原则性要求,但考虑到实际情况和技术经济合理性,电网建设实施过程中往往有所突破。以允许电压降落作为约束条件,以典型配电线路为研究对象,采用改进损失系数法,推导配电线路最大供电距离的计算公式,计算得到中低压配电线路在不同负荷水平下的最大供电距离。讨论了经济电流负荷水平下的最大供电距离,以及功率因数和首端运行电压对最大供电距离的影响,为配电网规划建设提供决策参考。

关键词:配电线路;最大供电距离;改进损失系数法

文章编号:2096-4633(2018)01-0066-05 **中图分类号:**TM72 **文献标志码:**B

随着社会经济普遍发展,广大普通电力用户对供电质量的要求越来越高,电压质量受到空前关注。然而,由于各方面原因,在偏远农村地区,用电侧低电压问题仍然比较突出。

由于集中配置无功补偿装置,高压变电站低压母线(即中压配电线路首端)通常能够满足规程规范要求,用电侧电压降落主要来自中压配电线路、配电变压器和低压线路,其中线路电压降落占绝大部分。

围绕配电线路电压降落问题,广大学者进行卓有成效的研究,主要集中在优化估算方法和计算经济供电半径方面。文献[1]介绍并推导了对馈线主干线进行估算的损失系数法,提出不同负荷分布情况下的估算公式和电压损失系数表;文献[2]对文献[1]的估算公式进行了改进;文献[3]进一步补充了馈电线路电气计算的精确计算法和有限元法,并应用于低压配电网规划,给出不同供电半径和负载率水平下的最小导线截面;文献[4-15]对现代配电网中低压线路供电距离进行了计算和分析讨论;文献[16]分析了线路供电半径及线径对电压降的影响。

采用损失系数法,以允许电压降落为约束条件,计算典型导线型号中低压配电线路在不同负载率水平下的最大供电距离,为配电网规划建设人员提供技术依据和决策参考。

1 计算条件

1.1 允许电压降落

为简化计算,同时保持代表性和实用性,计算电压等级选择为10 kV、0.38 kV、0.22 kV。

根据《电能质量供电电压偏差》(GB/T 12325-2008),20 kV及以下三相供电系统允许电压偏差为标称电压 $\pm 7\%$,220 V单相供电电压偏差为标称电压 $+7\%$ 、 -10% 。

1.2 导线型号

根据《城市配电网规划设计规范》(GB 50613-2010)和《配电网规划设计技术导则》(DL/T 5729-2016)等规程规范对于设备选型的要求,结合工程实际,考虑一般性和代表性,10 kV架空裸导线型号选择为LGJ-240/30、LGJ-185/30、LGJ-120/25、LGJ-70/10。

低压导线型号选择为JKLYJ-240、JKLYJ-185、JKLYJ-120、JKLYJ-70、JKLYJ-35、BV-10、BV-6、BV-4。

1.3 线路电气参数

配电线路的电气参数采用计算值^[17],温度修正系数按1考虑。

1.3.1 电阻

配电线路电阻计算公式为:

$$R = l \times r = l \times \rho / S \quad (1)$$

式中: l 为线路长度,单位 km; r 为单位长度电阻,单位 Ω/km ; ρ 为导线的电阻率,单位 $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{km}$; S 为导线载流部分的标称截面积,单位 mm^2 。

1.3.2 电抗

配电线路的电抗计算公式为:

$$X = l \times x = l \times 0.1445 \lg\left(\frac{D_{eq}}{D_s}\right) \quad (2)$$

式中: l 为线路长度,单位为 km; x 为单位长度电抗,单位为 Ω/km ; D_{eq} 为相线之间的互几何均距,与相线布置形式有关,单位为 m; D_s 为多股绞线自几何均距,一般取决于线路几何半径,单位为 m。

1.4 线路负载率

配电线路的电压降落与线路负载水平密切相关,为反应轻载、重载和合理负荷水平下的最大供电距离,选取 20%、50%、80% 负载率作为计算条件。

2 改进损失系数法

2.1 损失系数法的概念

损失系数法是配电线路主干线路功率损耗(或

表 1 损失系数法的电压损失系数

Tab. 1 Coefficient of voltage loss of the loss coefficient method

损失系数	末端集中分布	均匀分布	渐增分布	递减分布	中间较重分布
G_u	1.00	0.50	0.67	0.33	0.50

2.3 对损失系数法的改进

损失系数法计算公式是在线路上的电压损失较小、线路各处电压均接近为额定电压 U_N 的假设条件下得到的,当线路偏长、负荷偏重时,计算得到的结果就会有较大的偏差。

为进一步提升损失系数法的计算精度和适应

表 2 改进损失系数法的电压损失系数

Tab. 2 Coefficients of voltage loss from improvement loss coefficient method

损失系数	末端集中分布	均匀分布	渐增分布	递减分布	中间较重分布
G_{u1}	1.00	0.50	0.67	0.33	0.50
G_{u2}	0	0.125	0.22	0.06	0.09

3 最大供电距离计算

3.1 计算公式

当负荷末端集中分布时,由式(3)可得:

$$l_{\max} = \frac{\Delta U''}{(P \times r + Q \times x)/U_N} \quad (6)$$

当负荷非末端集中分布时,由式(3)和式(5)

电压损失)的一种估算方法,其基本思想是用负荷集中于末端时的功率损耗(或电压损失)乘以某一系数 G 来估算整条配电线路的功率损耗(或电压损失)。

该方法根据配电线路首端电流、主干线参数及其负荷分布形式直接计算,不需要进行精确的潮流分析,大大简化了计算量,在工程计算中得到应用广泛。

2.2 计算公式

假定主干线总长度为 l ,单位阻抗为 $r + jx$,末端视在功率 $S = P + jQ$,线路额定电压为 U_N ,若负荷集中分布为线路末端,则主干线总电压损失^[18]。

$$\Delta U = l \times [(P \times r + Q \times x)/U_N] \quad (3)$$

若配电线路负荷不是集中分布在线路末端,而是表现为均匀分布、渐增分布、递减分布和中间较重分布等形式,则电压损失可通过下式计算:

$$\Delta U' = G_u \times \Delta U \quad (4)$$

式中: G_u 为非集中负荷分布的电压损失系数,其数值如表 1 所示。

性,文献[2]基于分段的原理,对损失系数法进行了改进。经改进后,式(4)由关于 ΔU 的一次表达式变为二次表达式:

$$\Delta U'' = G_{u1} \times \Delta U + G_{u2} \times \Delta^2 U/U_N \quad (5)$$

G_{u1} 和 G_{u2} 为修正后的损失系数,数值如表 2 所示。

可得:

$$l_{\max} = \frac{-G_{u1} + \sqrt{G_{u1}^2 + 4 \times \frac{G_{u2}}{U_N} \times \Delta U''}}{2 \times \frac{G_{u2} \times M}{U_N}} \quad (7)$$

式中: $M = (P \times r + Q \times x)/U_N$, $\Delta U''$ 即为线路最大允许电压降落。

3.1 计算结果

根据式(7),计算得到不同导线型号中低压配

电线路在 20%、50% 和 80% 负载率水平下的最大供电距离如下表所示。

表 3 不同导线的最大供电距离(单位:kV、km)

Tab. 3 The maximum power supply distance of different wire types(Units:kV、km)

导线型号	电压	末端集中分布			均匀分布			渐增分布			递减分布			中间较重分布		
		20%	50%	80%	20%	50%	80%	20%	50%	80%	20%	50%	80%	20%	50%	80%
LGJ-240/30	10.5	26.5	10.6	6.6	51.3	20.5	12.8	38.3	15.3	9.6	77.4	31.0	19.4	51.7	20.7	12.9
LGJ-185/30	10.5	24.2	9.7	6.0	46.8	18.7	11.7	35.0	14.0	8.7	70.7	28.3	17.7	47.2	18.9	11.8
LGJ-120/25	10.5	21.3	8.5	5.3	41.1	16.5	10.3	30.7	12.3	7.7	62.1	24.9	15.5	41.5	16.6	10.4
LGJ-70/10	10.5	18.5	7.4	4.6	35.8	14.3	8.9	26.7	10.7	6.7	54.0	21.6	13.5	36.1	14.4	9.0
JKLYJ-240	0.38	0.96	0.38	0.24	1.86	0.74	0.46	1.39	0.55	0.35	2.80	1.12	0.70	1.87	0.75	0.47
JKLYJ-185	0.38	0.88	0.35	0.22	1.69	0.68	0.42	1.27	0.51	0.32	2.56	1.02	0.64	1.71	0.68	0.43
JKLYJ-120	0.38	0.77	0.31	0.19	1.49	0.60	0.37	1.11	0.44	0.28	2.25	0.90	0.56	1.50	0.60	0.38
JKLYJ-70	0.38	0.67	0.27	0.17	1.29	0.52	0.32	0.97	0.39	0.24	1.96	0.78	0.49	1.31	0.52	0.33
JKLYJ-70	0.22	0.96	0.38	0.24	1.83	0.73	0.46	1.37	0.55	0.34	2.76	1.10	0.69	1.85	0.74	0.46
JKLYJ-35	0.22	0.91	0.36	0.23	1.73	0.69	0.43	1.29	0.52	0.32	2.61	1.04	0.65	1.75	0.70	0.44
BV-10	0.22	0.78	0.31	0.20	1.49	0.60	0.37	1.11	0.44	0.28	2.25	0.90	0.56	1.51	0.60	0.38
BV-6	0.22	0.70	0.28	0.18	1.34	0.54	0.34	1.00	0.40	0.25	2.02	0.81	0.51	1.36	0.54	0.34
BV-4	0.22	0.59	0.23	0.15	1.12	0.45	0.28	0.83	0.33	0.21	1.68	0.67	0.42	1.13	0.45	0.28

4 相关讨论

4.1 经济电流负荷水平下最大供电距离

当配电线路承载经济电流时,最大供电距离

与导电介质和电压等级有关,与导线截面大小无关。按照普通配电线路最大负荷利用小时数小于 3 000 小时计算,配电线路经济电流负载时的最大供电距离如下表。

表 4 经济电流负载条件下的最大供电距离(单位:kV、km)

Tab. 4 The maximum power supply distance under economic current load conditions(Units:kV、km)

导线材质	电压	末端集中分布	均匀分布	渐增分布	递减分布	中间较重分布
钢芯铝绞线	10.5	8.2	15.8	11.8	23.9	15.9
绝缘铝绞线	0.38	0.30	0.57	0.43	0.86	0.58
绝缘铝绞线	0.22	0.24	0.47	0.35	0.70	0.47
铜芯导线	0.22	0.23	0.43	0.32	0.65	0.44

4.2 功率因数对最大供电距离的影响

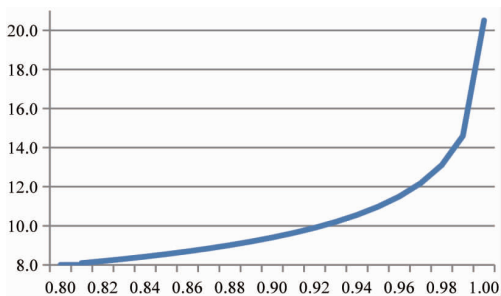


图 1 负载功率因数对最大供电距离的影响

Fig. 1 Influence of load power factor on maximum power supply distance

最大供电距离还与负荷功率因数有关。对于导线型号为 LGJ-240/30、负荷均匀分布、负载率

为 50% 的 10 kV 配电线路,当功率因数从 0.8 增加到 1.0 时,其最大供电距离从 8.0 km 增加至 20.5 km。

由此可见,当功率因数逐渐增大时,最大供电距离加速增加,特别是当功率因数接近 1 时,最大供电距离迅速增加。提高配电线路负荷功率因数,可以有效提升最大供电半径。

4.3 首端电压水平对最大供电距离的影响

上述计算结果均以配电线路首端电压为额定电压作为计算条件得到的。但是,根据规定,允许中低压配电线路首端电压升高 7% 来运行。因此,若配电线路首端电压升高,最大供电距离将相应增加。

5 结论

本文以典型型号配电线路为对象,以允许电压降落为约束条件,计算了不同负载水平下的中低压线路最大供电距离。计算表明:

(1)导线型号、负载率、负荷分布形式对中低压线路最大供电距离影响较大。对于导线型号为LGJ-185/30的10 kV线路,末端集中分布负荷负载率50%时,最大供电距离只有9.7 km;均匀分布负荷负载率50%时,最大供电距离为18.7 km;均匀分布负荷负载率80%时,最大供电距离下降到11.7 km,当负载率为20%时,则最大供电距离增加到46.8 km。

(2)经济电流负荷条件下,中低压线路最大供电距离与导线型号无关,与负荷分布形式密切相关。对于10 kV线路,当负荷末端集中分布时,最大供电距离为8.2 km;当负荷递减分布时,最大供电距离可达23.9 km。

(3)中低压线路最大供电距离还与负荷的功率因素有关,随着功率因素提升而呈加速度增大,特别是当功率因数接近1时,最大供电距离迅速增加。此外,提高首端运行电压也可以提高中低压线路最大供电距离。

参考文献:

- [1] 赵俊光,王主丁,乐欢. 中压配电网规划中馈线电气计算的估算方法[J]. 电力系统自动化,2008,32(16):98-102.
ZHAO Junguang, WANG Zhuding, YUE Huan. Estimation method for electrical calculation of feeders in middle voltage distribution network planning[J]. Automation of Electric Power System,2008,32(16):98-102(in Chinese).
- [2] 向婷婷,王主丁,刘雪莲,王付卫. 中低压馈线电气计算方法的误差分析和估算公式改进[J]. 电力系统自动化,2012,36(19):105-109.
XIANG Tingting, WANG Zhuding, LIU Xuelian, et al. Error analysis and improvement of voltage/power loss estimation formula for middle and low voltage feeders[J]. Automation of Electric Power System,2012,36(19):105-109(in Chinese).
- [3] 向婷婷. 低压配电网规划方法研究[D]. 重庆:重庆大学,2012.
- [4] 杨帆. 分布式能源接入的主动配电网典型系统构建与分析[D]. 北京:中国电力科学研究院,2011.
- [5] 程振凯. 含分布式电源配电系统供电半径计算方法[D]. 广州:广东工业大学,2014.
- [6] 胡宏彬,张爱军,段洪涛,等. 配电网长架空线路电压压降分

- 析与计算[J]. 电子设计工程,2013,21(14):114-117.
HU Hongbin, ZHANG Aijun, DUAN Hongtao, et al. Voltage drop calculation and analysis of distribution grid overhead line [J]. Electronic Design Engineering, 2013, 21(14):114-117(in Chinese).
- [7] 白牧可,唐巍,张璐,等. 基于BP神经网络群的中压配电网电压降落估算[J]. 电力系统保护与控制,2014,42(2):132-138.
BAI Muke, TANG Wei, ZHANG Lu, et al. Estimation of voltage drop of middle voltage distribution network based on BP neural network group[J]. Power System Protection and Control, 2014, 42(2):132-138.
- [8] 陈浩,王海蓉. 基于负荷分布影响因子的中压配电网电压偏移估算研究[J]. 供用电,2017,34(5):44-49.
CHEN Hao, WANG Hairong. Estimation of voltage deviation in medium voltage distribution network based on influence factor of load distribution [J]. Distribution & Utilization, 2017, 34(5):44-49(in Chinese).
- [9] 杨建,许跃进,吴昊,等. 不同配变安装方式下农村低压电网经济供电半径研究[J]. 农业工程学报,2013,29(10):190-195.
YANG Jian, XU Yuejin, WU Hao, et al. Economic power supply radius under different distribution transformer installation in rural low-voltage network [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2013, 29(10):190-195(in Chinese).
- [10] 顾雨嘉,许跃进,尹志. 农村电网优化电压制式及经济供电半径的研究[J]. 农业工程学报,2010,26(增刊2):146-150.
GU Yujia, XU Yuejin, YIN Zhi. Research on optimized voltage pattern and economic power supply radius of rural grid[J]. 2010, 26(Add. 2):146-150(in Chinese).
- [11] 曹阳,孟晗辉,赵力,等. 基于层次分析法的新农村低压配电网综合评估方法[J]. 电网技术,2007,31(8):68-72.
CAO Yang, MENG Hanhui, ZHAO Li, et al. A comprehensive evaluation method of new rural low-voltage distribution networks based on analytic hierarchy process [J]. Power System Technology, 2007, 31(8):68-72(in Chinese).
- [12] 肖小兵,陈建国,高吉普,等. 基于地区电网的配电网规划及其评估研究[J]. 贵州电力技术,2013,16(5):5-8.
XIAO Xiaobing, CHEN Jianguo, GAO Jipu, et al. Research on distribution network planning and its assessment work in regional power grid [J]. Guizhou Electric Power Technology, 2013, 16(5):5-8.
- [13] 杨捷. 建筑物室内低压配电回路极限长度探讨[J]. 建筑电气,2015,34(5):45-50.
YANG Jie. Research on limit length of indoor low-voltage distribution circuit for buildings [J]. Building Electricity, 2015, 34(5):45-50(in Chinese).
- [14] 门茂琛,石展,郑梦辉. 民用建筑0.4 kV线路供电半径分析[J]. 建筑电气,2015,36(5):48-53.

- MEN Maochen, SHI Zhan, ZHENG Menghui. Analysis of power supply radius of 0.4 kV lines for civil buildings [J]. Building Electricity, 2015, 36(5): 48 - 53 (in Chinese).
- [15] 吴斌. 住宅区小容量负荷供电距离的探讨[J]. 现代建筑电气, 2015, 6(6): 16 - 20.
- WU Bin. Discussion about supply power distance of small capacity load in residential district[J]. Modern Building Electrical, 2015, 6(6): 16 - 20 (in Chinese).
- [16] 胡晓菁, 陈磊, 牛全保, 等. 配电网低电压治理关键问题研究[J]. 供用电, 2017, 34(2): 35 - 39.
- HU Xiaojing, CHEN Lei, NIU Quanbao, et al. Research on the key issues of low voltage management in distribution networks [J]. Distribution & Utilization, 2017, 34(2): 35 - 39 (in Chinese).
- [17] 何仰赞, 温增银. 电力系统分析(上册)(第三版)[M]. 武汉: 华中科技大学出版社, 2002 年 1 月.
- [18] 何仰赞, 温增银. 电力系统分析(下册)(第三版)[M]. 武汉: 华中科技大学出版社, 2002 年 1 月.

收稿日期: 2017 - 10 - 24

作者简介:



张彦(1981), 男, 硕士, 工程师, 主要从事电网规划与节能、智能电网等方面的工作。

(本文责任编辑: 王 燕)

Calculation of the maximum power supply distance of medium and low voltage distribution lines based on permissible voltage drop and improved loss factor method

ZHANG Yan

(Power Grid Planning and Research Center of Guizhou Power Grid Co., Ltd, Guiyang 550003 Guizhou, China)

Abstract: Although the distribution network planning and design guidelines put forward the principle requirements for the power supply distance of the medium and low voltage distribution lines, there are often breakthroughs in practice when taking into account the actual situation and technical and economic rationality. With the constraint condition of allowing voltage drop, this article calculates the maximum power supply distance of the typical wire type medium and low voltage distribution lines at different load levels, using improved loss coefficient method. Furthermore, the paper also discusses the maximum power supply distance under the economic current load level, as well as the influence of the power factor and the head-end operating voltage on the maximum power supply distance. It provides a decision-making reference for distribution network planning and construction.

Key words: distribution line; maximum power supply distance; improved loss coefficient method