

四川省石棉县小水电站电压问题分析

崔晨耕

(西安航空职业技术学院 电子工程系, 陕西 西安 710089)

摘要: 针对四川省石棉县小水电站电压存在的问题,通过对小水电站接入配电网对系统电压的影响进行理论计算和模型构建,将小水电站接入到配电网中的容量、位置等因素进行数学模型计算和仿真。仿真结果表明小水电站接入配电网会对系统电压产生较大的影响,应在接入位置和容量等方面进行系统优化配置,从而达到电压质量要求。

关键词: 小水电站;系统电压;电压质量

中图分类号: TV742

文献标识码: A

文章编号: 1672—1144(2012)05—0165—03

Analysis on Voltage Problems of Small Hydropower Stations in Shimian County of Sichuan Province

CUI Chen-geng

(Electronic Engineering Department, Xi'an Vocational and Technical College of Aeronautics, Xi'an, Shaanxi 710089, China)

Abstract: The research is made here on the existing problems of small hydropower stations in Shimian County of Sichuan Province. After the theoretical analysis and mathematical model construction, it is concluded that the small hydropower station connected to the power distribution network would have major influence on the system voltage, so the system optimization should be done in the connecting position and capacity, so as to meet the requirements of voltage quality.

Keywords: small hydroelectric station; system voltage; voltage quality

四川省石棉县水利资源丰富,长江的主要支流大渡河横穿全县,境内长度达36 km,此外,集水面积30 km²以上有楠垭河、小水河、松林河、田湾河等27条支流,天然径流量273 × 10⁸ m³,可开发水能资源450 × 10⁴千瓦。据最新水利普查数据显示,在34 km长的小水河上,就有28座电站,开发程度可见一斑。建立小水电站能有效缓解当地电力不足的情况,但是它也给电网运行带来了一系列问题。变电站母线电压过高通常越限运行,且经常烧毁用户设备。电能质量和可靠性都受到考验,较低的电能质量直接导致系统设备不能安全运行。解决小水电给电网的运行带来的问题刻不容缓。

电压问题主要有以下几种:

- (1) 丰水期变电所母线电压过高的问题;
- (2) 小水电 T 接 10kV 线路造成电压偏高的问题;
- (3) 线路轻载造成电网电压过高的问题;
- (4) 长线路电压过低的问题。

而且,这些小水电站加入配电网中,给配电网的安全可靠运行带来了大量的扰动因素,其启停和故障常常会导致电网电压的变化。

1 小水电站对系统电压影响分析

1.1 电压计算基本模型^[1]

首先,建立理想模型如图1所示。

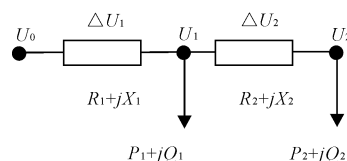


图1 理想模型

为了简化计算,各段线路的电压损耗用电压降落的量来代替,则各段线路的电压损耗为

$$\Delta U_i = \frac{P_i R_i + Q_i X_i}{U_N} \quad (1)$$

U_N 为额定电压

线路总的电压损耗为

$$\Delta U = \Delta U_1 + \Delta U_2 = \frac{P_1 R_1 + Q_1 X_1}{U_N} + \frac{P_2 R_2 + Q_2 X_2}{U_N} \quad (2)$$

节点 2 的电压为

$$U_2 = U_0 - \Delta U = U_0 - \frac{(P_1 - P_s) R_1 + (Q_1 - Q_s) X_1}{U_N} - \frac{P_2 R_2 + Q_2 X_2}{U_N} \quad (3)$$

P_s, Q_s 为接入小水电的有功容量和无功容量。

如果在节点 2 接入小水电,则节点 2 的电压变为

$$U_2 = U_0 - \Delta U = U_0 - \frac{P_1 R_1 + Q_1 X_1}{U_N} - \frac{(P_2 - P_s) R_2 + (Q_2 - Q_s) X_2}{U_N} \quad (4)$$

比较小水电接入前后节点 2 的电压可以看出,小水电接入之后,节点电压升,而且小水电的发电容量不同时,节点电压的最大值也不同。还可以看出,小水电的接入位置也会影响配电网的电压,当小水电接入的位置不同时,线路总的电压损耗是不同的,各节点电压也会相应的改变。在小水电的支撑下,线路电压调节器通常需要适当调整分接头,以适合小水电对某些节点的电压抬高;若小水电突然退出电网,变化率较大的节点因没有电压支撑,会造成低电压的严重电能质量问题。因为电压调节器动作需要一段时间,等待调压器做出调整,对用户来说是不能接受的。为避免这种现象,相应指标变化太大的节点还应考虑安装必要的而且能快速动作的电压支撑设备。从另一个角度来看,小水电运行应尽可能保持在高容量因数,尽量减少无功容量。系统维持电压所缺额的无功就地由电容器来补偿。这样,即使分布式发电退出运行,相应节点电压也不会波动太大^[2]。

1.2 小水电系统电压计算^[3]

以一个 10 节点的实际配电网为例,网络结构如图 2 所示,网络结构参数如表 1 和表 2 所示。

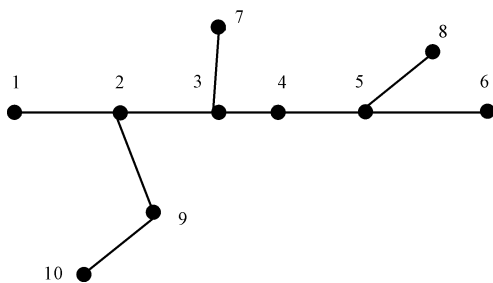


图 2 10 节点某配电网网络结构图

表 1 网络结构参数

起点	1	2	2	3	3
终点	2	3	9	4	7
电阻(Ω)	0.09	0.09	0.10	0.12	0.11
电抗(Ω)	0.05	0.05	0.10	0.11	0.13
起点	4	5	5	7	7
终点	5	6	8	10	9
电阻(Ω)	0.10	0.20	0.23	0.22	0.30
电抗(Ω)	0.09	0.20	0.24	0.23	0.20

表 2 节点数据

节点	1	2	3	4	5
P(MW)	0	0	0.20	0.09	0.10
Q(MVar)	0	0	0.12	0.05	0.03
节点	6	7	8	9	10
P(MW)	0.20	0.04	0.20	0.08	0.20
Q(MVar)	0.10	0.02	0.15	0.11	0.11

(1) 小水电接入不同的位置^[4]

在以下三种情况① 未接入小水电;② 将单个小水电接入节点 8;③ 将单个小水电接入节点 10,用潮流程序计算各节点电压得到的电压分布图如图 3 所示。在此,统一假设小水电有功功率为 0.5 MW,无功功率为 0.3 MVar。

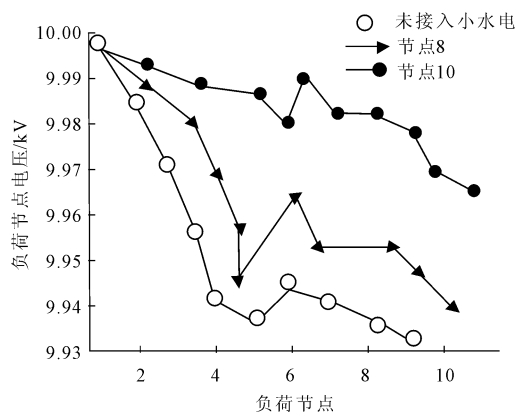


图 3 接入的位置变化引起的电压分布变化曲线

从图 3 可以看出,在没有小水电发电支撑的时,配电网末端多个节点和某些局部位置的电压几乎达到了安全运行的下限,负荷高峰期,末端电压很有可能越限。相反,在节点 8 和节点 10 与小水电并网以后,明显改善了线路上的电压。高出低电压下限 3%。于是,分布于配电网中的小水电十分显著地改善了配电网线路的电压分布^[5]。

(2) 小水电电源容量变化试验^[6]

相同的网络数据和负荷,小水电也安装在相同的位置。对接入小水电的容量进行随机变动,小水

电的容量分别假设为以下两种情况① 小水电的有功功率为 0.5 MW,无功功率为 0.3 MVar。② 小水电的有功功率为 1.5 MW,无功功率为 0.9 MVar。假设小水电还在节点 8 处接入,用潮流程序算出多个负荷节点电压的变化结果绘制在图 4 中。

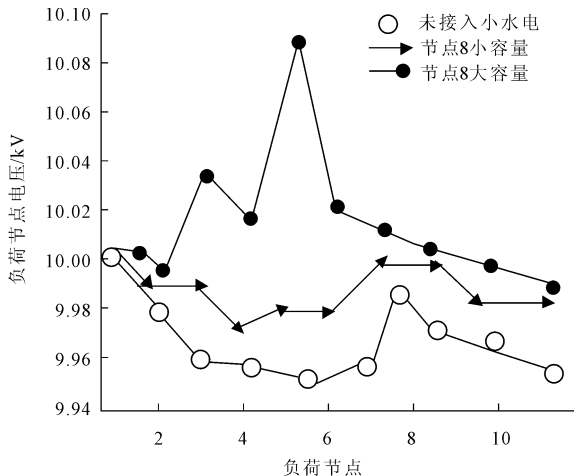


图 4 接入容量变化引起的电压分布变化

从仿真结果看出不改变小水电接入位置的情况下,电压支撑由小水电的总容量决定。从节点 8 接入大容量的小水电曲线可以看出,部分节点的电压升高幅度过大,已经高于 10 kV,这就表明接入小水电的容量越大,可能导致某些负荷节点的电压大幅度上升。总容量越多,与负荷的比值越大,电压支撑就越大,整体电压水平就越高^[7]。

2 位置和容量设备的确定

2.1 位置的确定^[8]

(1) 因为单点补偿效益最佳,所以在一条线路上应该采用单点补偿。

(2) 尽可能采用简单的控制方式,实现补偿地点和容量的最优化。

(3) 为了安全和利于电容器散热,补偿容量不宜过大。

(4) 为避免电容器装置的过电压和减少电容器的无功功率,每相采用一台电容器,使得接线简单。

(5) 使用熔丝保护和氧化锌避雷器分别用以过电流保护和过电压保护,从而简化保护方式。

(6) 为了节省投资,将配电变压器与并联电容器就近架设或者同杆架设。

2.2 容量的确定^[9]

(1) 根据线路容量求出 10 kV 额定电压下的额定电流,然后计算出线路电压调压器的额定容量。

(2) 为了调控运行电压,应正确计算出并联电抗器的最大装置容量。

(3) 为了使系统稳定,合理分布并联线路间的负荷,应串联电容器来提高输送质量。

(4) 根据负荷或者补偿度来确定并联电容器组的容量。

2.3 案例分析

以四川省石棉县松林河流域小水电站为例,其网络结构图如图 5 所示,负荷无功曲线如图 6 所示。

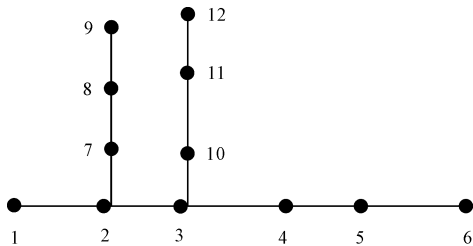


图 5 网络结构图

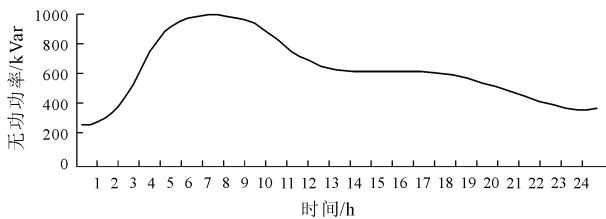


图 6 日无功负荷变化曲线

灵敏度是指以状态变量表征的系统运行状况对控制变量和扰动变量的变化的敏感性程度。通过计算,该网络灵敏度数据如表 3。

表 3 灵敏度系数计算结果

节点编号	灵敏度	节点编号	灵敏度	节点编号	灵敏度
1	-1.256	5	-1.205	9	-0.342
2	-0.245	6	-1.325	10	-1.923
3	-1.236	7	-1.231	11	-0.344
4	-0.422	8	-0.214	12	-1.832

通过对灵敏度的分析,通过系统电压对节点无功注入的灵敏度进行排序,电压无功的控制点选择在灵敏度较大的数个变电站^[10]。在满足《电力系统电压和无功技术导则》的前提下,优先对这些变电站进行电压无功调整。

3 总结

经过理论分析和仿真结果,对于小水电接入到配电网中的容量、位置等方面的因素,我们可以得出结论:

(下转第 176 页)

小水电接入配电网对系统的电压有较大的影响。小水电接入配电网能减少网络损耗改善节点电压,但是也可能使电压升高而使某些节点电压超限,造成母线电压过高,因此在小水电接入时,我们必须对小水电的接入位置和容量进行系统优化配置,达到满足电压质量的要求。

参考文献:

[1] 林劲松. 水电站水力学仿真计算及其工程应用研究 [D]. 杨凌:西北农林科技大学,2011.

[2] 张 铭. 水电站优化运行与风险分析 [D]. 武汉:华中科技大学,2008.

[3] 王 玮,赵建昌,刘廷滨. 多重梁式高位转换体系受力性能分析 [J]. 水利与建筑工程学报,2011,9(6): 97-101.

[4] 张洪兰. 小水电系统电压无功问题及控制方案研究 [D]. 北京:华北电力大学,2010.

[5] Zhu Y, Tomsovic K. Adaptive power flow method for distribution systems with dispersed generation [J]. IEEE Transactions on Power Delivery,2002,17(3):822-827.

[6] Gonzalez C, Juan J, Mira J, et al. Reliability Analysis for systems with large hydro resources in a deregulated electric Power [J]. IEEE Transactions on Power System, 2005,20(1):90-95.

[7] 王成山,郑海峰,谢莹华,等. 计及分布式发电的配电系统随机潮流计算 [J]. 电力系统自动化,2005,29(24): 39-44.

[8] 吴 汕,梅天华. 分布式发电引起的电压波动和闪变 [J]. 能源工程,2006,(4):54-58.

[9] 肖 静,汤建红,李颖慧. 浅论分布式发电技术及其对配电系统继电保护的影响 [J]. 山东电力技术,2007,(1):19-25.

[10] 王丽莉. 小水电引起配电网高电压问题的解决方案 [J]. 浙江电力,2011,(7):57-60.