

# Discussion on the Application of Series Capacitor Compensation in Solving the Low Voltage Problem of 10 kV Line Area

Wensheng Lu

Zhaoqing Power Supply Bureau, Zhaoqing Guangdong  
Email: 15915772138@163.com

Received: Mar. 30<sup>th</sup>, 2018; accepted: Apr. 17<sup>th</sup>, 2018; published: Apr. 24<sup>th</sup>, 2018

---

## Abstract

Zhaoqing-Guangning 10 kV Gu Shui line (LGJ-150) which is about 14.5 km long showed no load. The Gushui public switch station is divided into 8 branches, Xuzhenjia, Li Xi, Hongqi, Mengkeng, Niu Qi, Zhoucheng, Xiangxia and Daping. Because the radius of the power supply is too long and the diameter of the line is too thin, the voltage of the branch line is different from the terminal to the end, and the voltage at the switch station is less than 9 kV. The power supply radius of Shikeng, the branch of Xiangxia is nearly 38 kilometers. In this paper, through the installation of smart grid 10 kV series capacitor compensation equipment in 10 kV line terminal switch device, we make the actual effect analysis of voltage. With the theoretical calculation, statistics and so on, we verify different functions of the device, for example: boost the voltage, improve power factor, reduce the loss, improve the adaptive compensation and so on. Based on the summary and analysis, it is of practical significance for popularization and application of low voltage problems caused by the long distance of power supply in mountainous 10 kV lines, which ensures the power quality and power supply stability in remote areas.

## Keywords

Distribution Lines, Reactive Power Compensation, Series Compensation, Capacitance, Voltage Quality

---

# 浅谈串联电容器补偿在解决10 kV线路片区低电压问题的应用

陆文升

肇庆供电局, 广东 肇庆  
Email: 15915772138@163.com

收稿日期：2018年3月30日；录用日期：2018年4月17日；发布日期：2018年4月24日

## 摘要

肇庆广宁10 kV古水线(LGJ-150为主)长约14.5公里基本没负荷,到古水站公用开关站分出墟镇甲、里溪、红旗、蒙坑、牛岐、轴承、湘下、大平等8个分支。由于供电半径过长,线径偏细,分支线路自首端起至末端均有不同程度的电压偏低现象,到开关站处电压已经低于9 kV。湘下支线寺坑公用台变处供电半径将近38公里。本文通过在10 kV主线末端开关站安装10 kV智能配网串联补偿电容成套装置,对于装置的实际效果做分析,通过理论计算、实际数据统计等方面验证装置的电压提升、功率因数改善、降低线损、自适应补偿等效果。通过总结分析,针对山区10 kV线路因供电距离过长引起的片区低电压问题,具有推广应用的实际意义,确保了偏远地区的供电质量和供电稳定性。

## 关键词

配电线路,无功补偿,串联补偿,电容,电压质量

Copyright © 2018 by author 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. 概述

串联电容器补偿技术在低电压治理领域主要起到改善配网线路全线电压分布、提升线路中特别是末端低电压的作用[1]。适用于需要改善电压质量、功率因数、电能输送能力的10 kV配电网长线路,特别是跨越山区、负荷重或存在大型工业负荷的农村配网线路。线路导线与线缆呈感性,线路长度与感性阻抗呈正比,因此越长的线路其末端电压降相对越严重,电能输送能力也越低[2]。特别是末端负荷分布较多的情况,低电压的现象也更为明显。在该类线路中采用串联电容器的方式,减小线路等效电抗,提高线路的供电能力,可有效降低线损,提高功率因数,提升线路电压水平,具有良好的经济和社会效益[3]。

## 2. 10 kV 古水线路现状的简介

肇庆广宁地处山区,辖区面积2459平方公里[4]。肇庆广宁供电局地处山区,管理面积2459平方公里,由于地理位置、负荷分布及变电站布点等原因,导致10 kV山地架空配电线路供电半径较长,其中肇庆广宁10 kV古水线为比较典型的供电距离较长导致片区低电压问题突出的线路之一,古水线主线(线径以LGJ-150为主)长约14.5公里基本没负荷,到古水站公用开关站分出墟镇甲、里溪、红旗、蒙坑、牛岐、轴承、湘下、大平等8个分支。由于供电半径过长,线径偏细,线路末端电压明显偏低,到开关站处电压已经低于9 kV,其中湘下支线寺坑公用台变处供电半径将近38公里,为最远供电距离的台区。

## 3. 加装串联电容器补偿装置的设计方案

通过专用串补仿真计算程序以及理论计算得出应用串补时的实际治理效果和电容器参数。计算流程为:

- 1) 根据线路参数计算线路电阻和线路感抗(已知线型和长度)。
- 2) 初始化:给定平衡节点(即变电站母线)电压为10.5 kV;设之后所有节点的电压为10 kV,相角为0;

- 3) 从线路末端开始逐步前推, 由初始节点电压, 求整条线路的功率分布;
- 4) 从始端出发, 逐段回推, 由步骤 2) 中的功率求各节点电压分布;
- 5) 重复进行步骤 2)、3), 直到最后两次计算中各节点电压的差值小于 0.0001 KV。得图 1 所示电压曲线分布。同时获得每个节点的功率数值。

6) 选取合适的串补布点位置。根据负荷情况选取合理的串补度, 在目标节点前加串补  $X_c$ 。根据式:

$$\Delta U = \frac{P \cdot R + Q \cdot (X_L - X_C)}{U} = \frac{P \cdot R + Q \cdot X_L}{U} - \frac{Q \cdot X_C}{U}$$

计算可得增加串补后的全线节点功率和电压降, 因此可得增加串补后的电压曲线, 进而获得串补应用前后的电压对比曲线(图 1)。由于串补“自适应”的特性, 在线路重载时, 串补不会出现补偿不足的情况, 同样在线路轻载时, 不会出现过补偿的情况。其一次原理图如图 2 所示。

串补参数如表 1。

#### 4. 10 kV 配网串联补偿成套装置运行效果分析

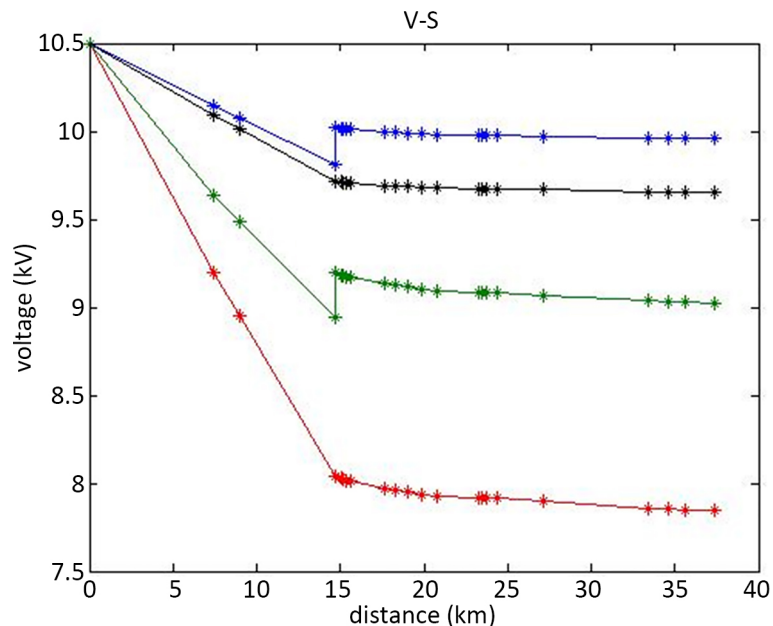
##### 1) 线路情况

古水线最近 1 年最大负荷时首端电流为 310 A, 线路首端的功率因数估计低于 0.90。负荷主要由民用电和作坊等组成。负荷高峰一般出现在上午 9~12 点, 用户用电受到影响, 部分配变的低压侧电压低于 200 V。根据线路实际情况分析串补适合安装位置在古水开关站所有支线之前。

##### 2) 分析依据

串补装置于 2018 年 1 月 20 日投运。通过用户监控系统读取的历史记录数据, 进行比较计算对投运前后的效果进行分析。选取投运后次日的数据与投运前负荷相近的数据进行比较。

##### 3) 效果分析



**Figure 1.** The main line voltage distribution curve (red heavy load without series complement, green heavy load adding string; Black light load without string supplement; blue light load plus serial supplement)

**图 1.** 使用串补前后主线电压分布曲线(红色——重载无串补; 绿色——重载加串补; 黑色——轻载无串补; 蓝色——轻载加串补)

选取线路负荷水平相近的两个时刻，比较装置投入前后线路的功率因数和配变低电压的改善情况如表 2，数据由供电公司终端系统获取。

在该负荷水平下可见串补装置后端多个监测点的电压提升效果明显。

4) 自适应效果分析

在装置投运的一周时间内，线路的负荷水平变化范围为：60~280 A 左右。在负荷水平波动的情况下，所采集的数据显示，配变电压均能保持在 220 V 至 233 V 左右的范围内。即无论线路轻载还是重载，串补充分显示了其“电压提升的效果和负荷水平成正比：负荷水平越重提升效果越明显；负荷水平越轻则

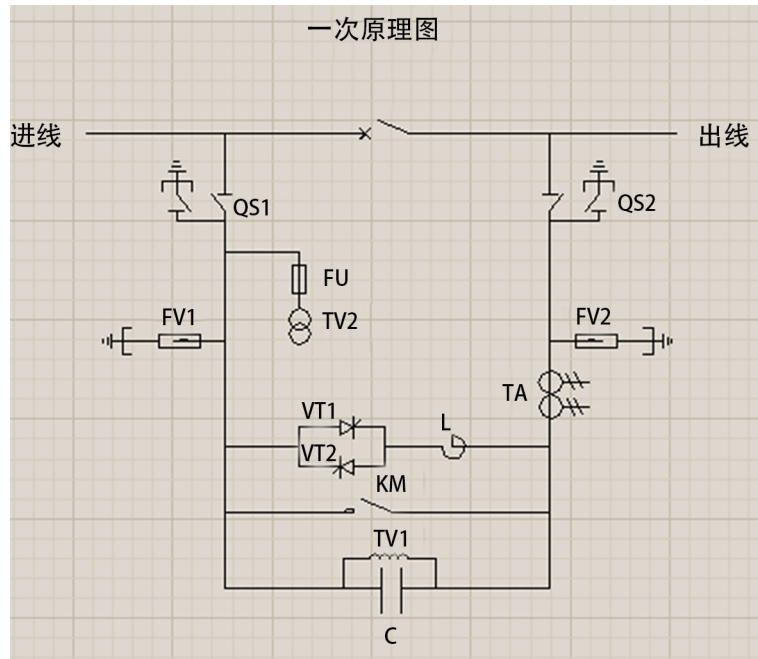


Figure 2. First schematic diagram  
图 2. 一次原理图

Table 1. Series complement parameters  
表 1. 串补参数表

序号	名称	数值及描述
1	串补度	1.29
2	串补的容抗	6.2 欧姆
3	串补的位置	古水公用开关站前(古水线 138#杆)
4	串联电容器额定电流	560 A
5	串联电容器额定电压	3.47 kV
6	电容器的三相额定容量	5832 MVar

Table 2. State comparison of series compensator  
表 2. 串补装置状态比对

时间	串补装置状态	有功功率	功率因数	古水镇配变电压	上油扩配变电压	最长支线末端配变电压
2018.1.19	未安装装置	-MW	-	206~215 V	206 V	209 V
2018.1.21	装置已投入	4.56 MW	0.93	226~233 V	225 V	230 V

提升效果越小”的“自适应”特性，可保证全线电压稳定在理想范围内(10 kV 左右)。

## 5. 结束语

通过安装串联电容器补偿装置，能够显著改善广东肇庆广宁古水线线路末端电压水平、显著提高线路功率因数、显著降低线路有功损耗，达到设计效果，具体如下几点：

1) 显著地改善线路末端电压水平。在装置投运后，在负荷水平正常波动的情况下，数据显示配变电压均能稳定保持在 223 V 至 236 V 左右的范围内。无论线路轻载还是重载，串补充分显示了其“电压提升的效果和负荷水平成正比：负荷水平越重提升效果越明显；负荷水平越轻则提升效果越小”的“自适应”特性，可保证全线电压稳定在理想范围内(10 kV 左右)。

2) 在负荷相近的水平下，线路典型配变的电压自 190 V 提升至 220 V 以上，功率因数由 0.86 提升至 0.94。

3) 串补装置投入后电压提升，功率因数也得到提升，因此在输送功率相同的情况下，线路电流降低，线损也得到了有效降低。根据“等效日最大负荷小时” $T = \Sigma(P1^2 + P2^2 + P3^2 \dots + Pn^2) / P_{max}^2$  进行计算，其中 P1 至 Pn 为将当天的负荷分为 n 段， $P_{max} = 5MW$ ：

$$T = (1.62^2 * 6 + 32^2 * 3 + 52^2 * 5 + 42^2 * 5 + 22^2 * 3 + 12^2 * 2) / 52^2 = 10.45 \text{ 小时}$$

$$\text{则全年: } 10.45 * (365 - 10) = 3709 \text{ 小时}$$

$$\text{降低线损: } (901 \text{ kw} - 689 \text{ kw}) * 3709 = 78.6 \text{ 万 kwh}$$

4) 在所有负荷水平下均不会发生过补偿现象。

## 参考文献

- [1] 程文, 卜贤成, 王杏芸. 低压无功补偿实用技术[M]. 北京: 中国电力出版社, 2013.
- [2] 张利生. 电网无功控制与无功补偿[M]. 北京: 中国电力出版社, 2012.
- [3] 盛万兴, 王金丽. 农村电网电压质量治理技术与应用[M]. 北京: 中国电力出版社, 2012.
- [4] 中国电机工程学会城市供电专业委员会, 组编. 李天友, 主编. 配电线路[M]. 北京: 中国电力出版社, 2009.

### 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：2161-8763，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：[sg@hanspub.org](mailto:sg@hanspub.org)