

TOP3000 无功优化系统控制策略的延伸

朱凯华, 汤向华

(江苏省电力公司海门市供电公司, 江苏 海门 226100)

摘 要: 目前调控台广泛采用 TOP3000 无功优化系统来掌控全网的电压大小和无功盈亏情况, 本文从 10kV 母线电压着手, 就 TOP3000 无功优化系统不能监测 10kV 线路末端电压而造成转供方式下用电高峰时末端低电压这一弊端, 通过计算线路压降值, 折算到 10kV 母线电压, 重新调整 TOP3000 无功优化系统 10kV 母线电压的范围, 以此优化 TOP3000 无功优化系统的运行策略。

关键词: 无功优化; 末端; 运行策略

0 引言

目前 TOP3000 无功优化控制系统被越来越广泛地运用到调控领域, 用来调节全网的电压大小以及根据系统无功的盈亏情况合理地释放或补偿无功。在无功优化系统的控制下, 10kV 母线电压一直有效地保持在 10~10.7kV 的合格范围。可是当线路间存在转供方式时, 在用电高峰时段, 10kV 母线电压的合格已经不能保证 10kV 线路末端的电压也合格, 时常会有线路末端的用户投诉反应电压过低。如何利用无功优化系统现有的功能来改善转供后 10kV 线路末端电压的质量, 是值得我们调控人员探索的问题。

1 无功优化系统的工作原理

无功优化遵循四个原则: ①实现全电网最大范围的电压合格(优先条件); ②实现全电网电能损耗尽可能小; ③实现全电网设备动作次数尽可能少; ④所有的操作符合安规、运规、调规。而这四个原则本身是一组相互矛盾的目标和条件。正是在这组互相矛盾的目标和条件下, 建立了无功优化系统的数学模型。

1.1 目标函数

(1) 全网电能损耗最小

$$\Delta P = \min \sum_{i=1}^n f_1(U_i, K_i, Q_i)$$

其中 $U_i = f_2(K_1 \dots K_i, Q_1 \dots Q_i)$

(2) 设备动作次数最少

$$N = \min \sum_{i=1}^n [f_3(K_i - K_T) + f_4(Q_i - Q_c)]$$

上述中 U_i 为变电站母线电压, K_i 为变电站主变分接开关应处档位, Q_i 为变电站应投无功补偿容量, K_T 为主变分接开关档位, Q_c 为变电站所配电容器容量, n 为变电站个数。

1.2 约束条件

(1) 母线电压不越限

$$U_{\min} \leq |U_i| \leq U_{\max}$$

(2) 有载调压开关每天动作次数不越限

$$\sum_{i=1}^n \left[\sum_{j=1}^{24} f_3(K_{ij} - K_{Tj}) \right] \leq N_T$$

(3) 电容器每天投切次数不越限

$$\sum_{i=1}^n \left[\sum_{j=1}^{24} f_4(Q_{ij} - Q_{Cj}) \right] \leq N_C$$

(4) 供电电源关口功率因数合格

$$\sum_{i=1}^n Q_i = P [tg(\arccos \phi_1) - tg(\arccos \phi_2)]$$

1.3 动作过程

在上述的数学模型下, 无功优化系统首先从调度 SCADA 系统采集全网实时运行数据, 在保证上述的条件同时满足时, 利用潮流计算、专家系统、数值分析等方法来求解主变分接开关动作以及电容

器投切的最优解。然后再反馈到 SCADA 系统，发出指令，执行主变分接开关调节或者电容器投切的操作，如此往复。

1.4 工作弊端

如图 1 所示，无功优化系统在自身的算法和动作过程下，只保证 10kV 母线电压处于合格范围，而无法掌控线路末端的电压大小，当末端电压低于特定数值时，便无法满足末端用户的需求。

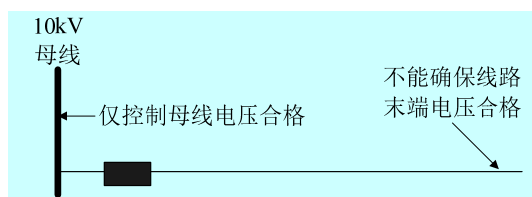


图 1 现行无功优化系统的运行弊端

2 转供方式下发生线路末端低电压

目前海门电网有部分 35kV 老变电所网架薄弱，一旦上级电源改造工作时，为了确保用户不失电，10kV 出线都经由其他变电所出线转供。在正常运方下，10kV 线路的输送距离在 8km 之内，而转供方式下则长达十几公里。

如图 2 所示，当线路间发生转供后，输送距离变长，线路的阻抗值也变大，随之产生的线路压降值也会变大，因而在用电高峰时段，反馈到线路末端的电压就会变得更加低。

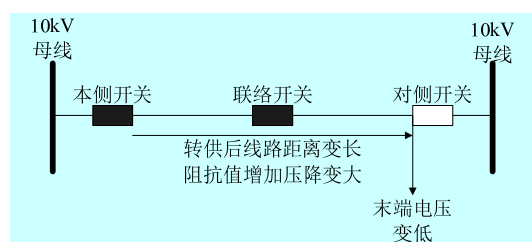


图 2 转供后线路末端电压大幅降低

3 构建线路压降值数学模型

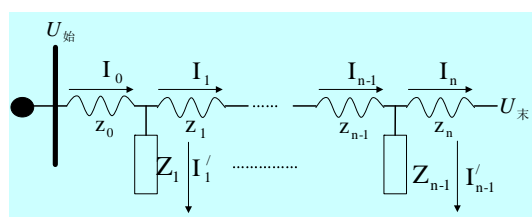


图 3 线路压降数学模型

如图 3 所示，设变电所 10kV 母线电压为 $U_{\text{始}}$ ，

每条 10kV 线路由主干线上各个分段和分支组成，设各个分段上线路本身的阻抗为 z ，各个分支上的用户负载阻抗为 Z ，由于用户的负载阻抗跟线路的本身阻抗相比可看成无穷大，因此线路末端电压可近似看成母线电压与线路本身阻抗所产生的压降值之差，列为下式：

$$U = U - I_0 z_0 - I_1 z_1 - \dots - I_{n-1} z_{n-1} - I_n z_n$$

上式中 $U_{\text{始}}$ 的数据可以直接从 SCADA 系统中查看到，根据继保计算经验，各个分段上的阻抗及电流可以取一个总阻抗 $Z_{\text{总}}$ 和总电流 I ，电流 I 的数据也可以从 SCADA 系统中查找到。这样末端电压可简化为下式：

$$U_{\text{末}} = U_{\text{始}} - Z_{\text{总}} I$$

4 归纳导线阻抗值及压降值

目前 10kV 输电线路常用型号为 LGJ120、LJ240 和 YJV22-300，为了便于计算和取值，可以把正常运行方式下整公里数的线路阻抗值进行归类，如表 1 所示。

表 1 不同导线整公里数阻抗值 Ω

	LGJ-120	LGJ-240	YJV22-300
1km	0.48	0.42	0.156
2km	0.96	0.84	0.312
4km	1.92	1.68	1.64
6km	2.88	2.52	0.936
8km	3.84	3.36	1.248

表 2 不同导线整公里数不同电流区间点下的压降值

公里数/km	导线类型	100A	200 A	300 A	400 A
1	120	48V	96V	144V	192V
	240	42V	84V	126V	168V
	300	15.6V	31.2V	46.8V	62.4V
2	120	96V	192V	288V	384V
	240	84V	168V	252V	336V
	300	31.2V	62.4V	93.6V	124.8V
4	120	192V	384V	576V	768V
	240	168V	336V	504V	672V
	300	62.4V	124.8V	187.2V	249.6V
6	120	288V	576V	864V	1152V
	240	252V	504V	756V	1008V
	300	93.6V	187.2V	280.8V	374.4V
8	120	384V	768V	1152V	1536V
	240	336V	672V	1008V	1344V
	300	124.8V	249.6V	374.4V	499.2V

输电线路的电流也在不断地变化着，根据运行

经验, 电流值从几十安培到四百安培不等, 为了计算方便, 取各个整数电流点, 根据表 1 归类的阻抗值, 把各个电流区间点下的压降值也进行归类, 如表 2 所示。

5 重新设定各变电所母线电压范围

10kV 线路用户属于 C 类用户, 根据国网公司对电压合格率的规定, C 类电压合格范围在 9.3~10.7kV 之间。我们的目的就是线路末端电压 $U_{\text{末}}$ 控制在 9.3~10.7kV 的范围。

$$\text{即 } 9.3\text{kV} \leq U_{\text{末}} \leq 10.7\text{kV}$$

$$\text{转化为 } 9.3\text{kV} \leq U_{\text{始}} - Z_{\text{总}} I \leq 10.7\text{kV}$$

$$\text{可得 } 9.3\text{kV} + Z_{\text{总}} I \leq U_{\text{始}} \leq 10.7\text{kV}$$

由于 $U_{\text{始}}$ 必须大于 10kV, 因此需要比较的就是 $9.3\text{kV} + Z_{\text{总}} I$ 这个数值和 10kV 之间的大小。 $Z_{\text{总}} I$ 就是线路的压降值。

把每个变电所的 10kV 出线进行汇总, 根据表 1 归纳的阻抗值表格, 就能取出每条出线的阻抗值, 再根据 SCADA 系统每条出线的实时电流值, 由表 2 归纳的压降值表格, 取出每条线路的压降值。取压降值最大的数值代入 $U_{\text{始}}$ 的最小范围, 比较这个最小范围数值跟 10 之间的大小。

如果 $9.3\text{kV} + Z_{\text{总}} I$ 小于 10kV, 则 $U_{\text{始}}$ 仍然采用默认范围, 不需要做任何调整; 如果 $9.3\text{kV} + Z_{\text{总}} I$ 大于 10kV, 则 $U_{\text{始}}$ 的最小范围就是 $9.3\text{kV} + Z_{\text{总}} I$ 。

不同季节不同时段线路电流都在不断地变化, 所以每个变电所的 $U_{\text{始}}$, 也就是母线电压的最小范围在一天当中要设置好几个不同的数值。实时改变母线电压的最小范围, 就能确保 10kV 出线末端用户的电压一直处在合格范围之内。

6 策略实例

以本地区 35kV 余东变为例, 余东变的 10kV 出线经由四甲变、包场变以及其林变转供, 转供后输送距离较长, 在对各出线重新计算转供之后的全线压降值后, 掌握到四甲变等三个变电所不同时间段 10kV 母线电压应该设置的范围, 并进行调整, 以四

甲变为例, 如图 4 所示。



图 4 四甲变转供余东变出线后母线电压调整范围

各个转供余东变出线的变电所 10kV 母线电压进行调整之后, 余东变各条被转供的 10kV 出线末端电压均在合格范围之内。

7 结论

随着变电站数量的不断增加, 无功优化系统的运作大大提高了调控人员的工作效率, 但无功优化系统的工作盲区使得 10kV 线路末端用户的电压往往得不到应有的关注, 将无功优化系统的控制策略延伸, 充分改善了 10kV 线路末端用户的电压质量, 使无功优化系统更加发挥本身的特长。

参考文献:

- [1] 于伟, 常松, 古青琳, 等. 配电网全网电压无功协调控制策略[J]. 电网技术, 2012, 36(2): 95-99.
- [2] 郭云川. 电网无功电压管理系统及应用思路研究[J]. 科技资讯, 2011(23) 128, 142.
- [3] 王光明. 无功补偿装置在 10kV 馈线中的应用[J]. 陕西电力, 2011(07): 61-63.
- [4] 王锡凡. 现代电力系统分析[M]. 北京: 科学出版社, 2003. 80-82.

作者简介:

朱凯华 (1985-), 男, 江苏海门人, 助理工程师, 从事电网调控运行工作, E-mail: iloveeren@yahoo.com.cn;
汤向华 (1978-), 男, 江苏海门, 高级技师, 从事电网调控管理工作, E-mail: tangxh88@126.com。