

采用数据可信度法提高配电自动化数据一致性

刘健^{1,2},董海鹏²,杨文字¹

(1. 西安理工大学电气工程系,陕西 西安 710048; 2. 陕西银河电力自动化股份有限公司,陕西 西安 710075)

摘要: 提出的基于数据可信度的不良数据辨识和修正方法,能够在严重缺乏量测数据的情况下,有效地提高配电自动化系统遥测数据一致性。讨论了配电网的基本规律,并以此作为不良数据判断的依据。提出了数据可信度的概念,并论述了动态调整数据可信度的方法。论述了单个节点的不良数据辨识及修正过程和多个节点构成的区域不良数据辨识及修正过程。最后结合实例进一步论述了提出的方法。

关键词: 配电自动化系统(DAS); 馈线自动化(FA); 不良数据辨识和修正

中图分类号: TM76 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-4897(2003)09-0001-04

1 引言

在配电自动化系统中,为了减少数据处理工作量、避免自动化系统淹没在数据的海洋,同时为了降低建设费用,一般仅对柱上馈线开关进行测控,而不对配电变压器进行量测,或仅对少数重要的配电变压器进行测量,造成量测点不充足的实际情况,因此采用状态估计法进行配电网不良数据的辨识和修正比较困难。

文献[1]提出将柱上开关看作节点,将相邻两个节点间的馈线和配电变压器综合看作边的配电网简化模型。文献[2]在此基础上提出例行辨识、突变量启动辨识和通信中断辨识三种配电网不良数据辨识和结线分析的方法,能够在个别数据受到干扰时,得出正确的配电网拓扑结构。但是上述文献未论述对配电网沿线电压降落以及流过各个柱上开关的电流等遥测数据中的不良数据进行辨识和修正的方法。

本文提出一种数据可信度法,可以利用有限的量测数据提高配电自动化系统遥测数据一致性。

2 配电网的基本规律

对于多分段的开环运行状态配电网,在没有用户发电和过补偿并联电容器,并且沿线负荷功率因数相差不大的情况下,显然具有下列规律:

[规律 1] 从电源至末梢方向,沿线电压幅值逐渐降低。

[规律 2] 流过某个开关的电流幅值一般应大于该开关的所有下游相邻开关流过的电流幅值之和。

例如对于图 1 所示的配电网, $U_A \sim U_E$ 分别为节点(开关) $A \sim E$ 处的电压幅值, $I_A \sim I_E$ 分别为流过节点(开关) $A \sim E$ 的电流幅值,图中的箭头代表馈线段沿线供出负荷的潮流方向。

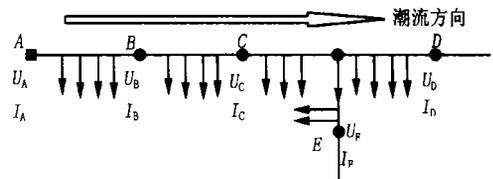


图 1 一个典型配电网的结构

Fig. 1 Structure of a typical distribution network

显然有:

$$\begin{cases} U_A > U_B > U_C > U_D, U_E \\ I_A > I_B > I_C > I_D + I_E \end{cases}$$

考虑到客观存在的量测误差,实际中上述关系

可这样处理:

$$\begin{cases} U_A > U_B - e_B \\ U_B > U_C - e_C \\ U_C > U_D - e_D, U_E - e_E \end{cases} \quad \text{和} \quad \begin{cases} I_A > I_B - i_B \\ I_B > I_C - i_C \\ I_C > I_D + I_E - i_D - i_E \end{cases}$$

或

$$\begin{cases} U_A > U_B \cdot e_B \\ U_B > U_C \cdot e_C \\ U_C > U_D \cdot e_D, U_E \cdot e_E \end{cases} \quad \text{和} \quad \begin{cases} I_A > I_B \cdot i_B \\ I_B > I_C \cdot i_C \\ I_C > I_D \cdot i_D + I_E \cdot i_E \end{cases}$$

其中: $e_A \sim e_E$ 分别为考虑到量测误差后 $U_A \sim U_E$ 的绝对修正因子, $i_A \sim i_E$ 分别为考虑到量测误差后 $I_A \sim I_E$ 的绝对修正因子,它们都是接近于 0 的正数。
 $e_A \sim e_E$ 分别为考虑到量测误差后 $U_A \sim U_E$ 的相对

修正因子, $i_A \sim i_E$ 分别为考虑到量测误差后 $I_A \sim I_E$ 的相对修正因子, 它们都是小于 1 的数。

3 数据可信度

定义节点 i 的数据可信度为 $R_b(i)$, 它的取值范围为 $0 \sim 1$, 初始值设为 1, R_b 越大则表示数据越可信。可以将 $R_b(i)$ 分为 $R_{bV}(i)$ 和 $R_{bI}(i)$, 分别反映该节点处的电压和流过该节点的电流的可信度。

[规则 1] 当某几个节点的量测数据之间违背[规律 1]或[规律 2]时, 这些节点的数据可信度每次分别减 r_{b1} (一般可取 $0.05 \sim 0.15$), 但不使数据可信度小于 0.0 ; 当某几个节点的量测数据符合[规律 1]或[规律 2]时, 这些节点的数据可信度每次增加 r_{b2} (一般可取 $0.1 \sim 0.2$), 但不使数据可信度超过 1.0 。

[规则 2] 若某个节点的数据不仅与其父节点或子节点的数据之间违背两条规律, 而且还与其爷节点或孙节点的数据之间违背两条规律, 或者若某个节点存在多个子节点, 并且该节点的数据和它的所有子节点的数据之间均违背[规律 1], 则该节点的数据可信度每次减 r_{b3} (一般可取 $0.2 \sim 0.4$), 而其相邻节点的数据可信度不变。

当节点量测数据同时符合[规则 1]和[规则 2]的处理条件时, 按照[规则 2]进行处理。

[规则 3] 设置数据不可信阈值 R_{b_no} (一般可取 $0.2 \sim 0.5$), 当某个节点的数据可信度低于 R_{b_no} 时, 则该节点存在不良数据, 启动对该节点的修正过程;

设置数据可信阈值 R_{b_yes} (一般可以取 $0.9 \sim 0.95$), 当某个节点的数据可信度高于 R_{b_yes} 时, 则该节点的数据是可以信赖的。

4 不良数据修正过程

4.1 单个节点的不良数据修正过程

当某个节点的数据可信度低于 R_{b_no} , 而其相邻节点的数据可信度均在 R_{b_yes} 之上时, 可以这样进行单个节点的不良数据修正:

假设节点 m 的数据需要修正, 节点 n 为其父节点, 节点 i, j, k 为其子节点, 则修正公式分别如式(1)和(2)所示。

如果 $R_{bV}(m) < R_{b_no}$, 则

$$U_m = U_m \times R_{bV}(m) + \frac{U_n + \max[U_i, U_j, U_k]}{2} \times [1 - R_{bV}(m)] \quad (1)$$

式(1)中, U_m 为 U_m 的修正值。

如果 $R_{bI}(m) < R_{b_no}$, 则

$$I_m = I_m \times R_{bI}(m) + \frac{I_n + I_t}{2} \times [1 - R_{bI}(m)] \quad (2)$$

式(2)中, I_m 为 I_m 的修正值, 为节点 m 的子节点的集合, 此处为节点 i, j, k 。

4.2 多个节点构成的区域的不良数据修正过程

当组成一片区域的多个节点的数据可信度低于 R_{b_no} , 而其相邻节点的数据可信度均在 R_{b_yes} 之上时, 进行多个节点构成的区域内的不良数据修正。

假设由节点 m_1, m_2, \dots, m_k 构成的区域内的数据需要修正, 节点 n 为该区域的父节点, 节点 i_1, i_2, \dots, i_L 为该区域的子节点。对于区域内的各个节点, 引入“层”的概念。

定义沿着潮流的方向, 从一个区域的父节点到区域中某一个开关节点 i 所途经的开关节点数目 $num-sw + 1$ 为到节点 i 的间距 (distance)。定义区域内间距为 h 的所有开关节点处于该区域的第 h 层 (hierarchy)。

如果 $R_{bV}(m_1), R_{bV}(m_2) \dots R_{bV}(m_k) < R_{b_no}$, 则可以这样处理:

$$u = \frac{U_n - \max[U_{i1}, U_{i2}, \dots, U_{iL}]}{H + 1} \quad (3)$$

式(3)中, u 为区域内每一层的平均电压降落值, H 为该区域的总层数。

$$U_{m_i(h)} = U_{m_i(h)} \times R_{bV}(m_i) + (U_n - h \times u) \times [1 - R_{bV}(m_i)] \quad (4)$$

式(4)中, $U_{m_i(h)}$ 为区域内处于第 h 层的节点 m_i 的电压, $U_{m_i(h)}$ 为 $U_{m_i(h)}$ 的修正值。

如果 $R_{bI}(m_1), R_{bI}(m_2) \dots R_{bI}(m_k) < R_{b_no}$, 则可以这样处理:

$$i = \frac{I_n - \sum_{t=1}^L I_t}{H + 1} \quad (5)$$

式(5)中, i 为区域内每一层供出的平均负荷。

$$I_{m_i(h)} = I_{m_i(h)} \times R_{bI}(m_i) + \frac{1}{N_h} (I_n - h \times i) \times [1 - R_{bI}(m_i)] \quad (6)$$

式(6)中, $I_{m_i(h)}$ 为流过区域内处于第 h 层的节点 m_i 的电流, $I_{m_i(h)}$ 为 $I_{m_i(h)}$ 的修正值, N_h 为第 h 层的开关节点总数。

当节点 m 的数据可信度低于 R_{b_no} , 而其部分相邻节点的数据可信度在 R_{b_yes} 之下时, 可以将这些节点与节点 m 一同组成一片区域, 使该区域的相

邻节点的数据可信度均在 R_{b_yes} 之上,然后采用多个节点构成的区域的不良数据修正过程进行处理。当组成一片区域的多个节点的数据可信度低于 R_{b_no} ,而其部分相邻节点的数据可信度在 R_{b_yes} 之下时,也可以采用类似的方法处理。

当一片存在不良数据的区域或一个节点的父节点或子节点没有量测数据时,可以采用其下游或上游的平均电压降落来进行不良数据修正;或者采用离不良数据区域最近的数据可信度在 R_{b_yes} 之上的节点下游各个最小配电区域^[3]的平均供出负荷来进行不良数据修正。

当然,如果已知各个馈线段供出负荷的大致比例,式(2)、(5)和(6)就可以按照这个比例更加精确地处理。

4.3 不良数据辨识及修正的终止条件

经过若干次修正处理后,如果当前所有数据均已符合规律 1 和规律 2,则不论当前数据的数据可信度情况如何,均可终止不良数据辨识及修正。

5 实例

本节结合实例,进一步阐述前面提出的基于数据可信度的不良数据辨识和修正方法。

对于如图 1 所示的配电网,其实际参数如表 1 所示,取 $r_{b1} = 0.1$, $r_{b2} = 0.2$, $r_{b3} = 0.3$, $R_{b_no} = 0.45$, $R_{b_yes} = 0.9$,不良数据辨识和修正的过程如表 2 所示,表 2 中的 6 次处理过程是在一个数据采样周期内完成的。

表 1 图 1 所示的配电网的实际参数

参数	节点 A	节点 B	节点 C	节点 D	节点 E
节点电压/kV	10.49	10.34	10.29	10.26	10.21
流过电流/A	123.1	85.2	65.9	31.2	21.5

在各次处理时,由于节点 C 的电压与其父节点 B 和爷节点 A 的电压之间违背[规律 1],因此依据[规则 2]: $R_{bv}(C) - r_{b3}$;由于流过节点 C 的电流与流过其子节点 D 和 E 的电流之间违背[规律 2],因此依据[规则 1]: $R_{bl}(C) - r_{b1}$ 、 $R_{bl}(D) - r_{b1}$ 、 $R_{bl}(E) - r_{b1}$ 。

从处理到第二次开始,因 $R_{bv}(C) < R_{b_no}$,根据[规则 3],启动对 U_C 的不良数据修正;因其相邻节点的数据可信度均在 R_{b_yes} 之上,则进行单个节

点的不良数据修正。

表 2 图 1 所示的配电网的不良数据辨识与处理过程

处理次数	参数	节点 A	节点 B	节点 C	节点 D	节点 E
	电压量测值/kV	10.51	10.35	10.56	10.28	10.24
	电流量测值/A	122.5	86.7	48.9	31.8	21.8
1	R_{bv}	1.0	1.0	0.7	1.0	1.0
	R_{bl}	1.0	1.0	0.9	0.9	0.9
2	R_{bv}	1.0	1.0	0.4	1.0	1.0
	R_{bl}	1.0	1.0	0.8	0.8	0.8
	电压修正值/kV	10.51	10.35	10.42	10.28	10.24
3	R_{bv}	1.0	0.9	0.3	1.0	1.0
	R_{bl}	1.0	1.0	0.7	0.7	0.7
	电压修正值/kV	10.51	10.35	10.35	10.28	10.24
4	R_{bv}	1.0	0.8	0.2	1.0	1.0
	R_{bl}	1.0	1.0	0.6	0.6	0.6
	电压修正值/kV	10.51	10.35	10.32	10.28	10.24
5	R_{bv}	1.0	1.0	0.4	1.0	1.0
	R_{bl}	1.0	1.0	0.5	0.5	0.5
	电压修正值/kV	10.51	10.35	10.317	10.28	10.24
6	R_{bl}	1.0	1.0	0.4	0.4	0.4
	电压修正值/kV	10.51	10.35	10.32	10.28	10.24
	电流修正值/A	122.5	86.7	58.6	25.71	21.62
7	R_{bl}	1.0	1.0	0.6	0.6	0.6
	终 止					

从处理到第 6 次开始,因 $R_{bl}(C) < R_{b_no}$ 、 $R_{bl}(D) < R_{b_no}$ 、 $R_{bl}(E) < R_{b_no}$,根据[规则 3],启动对 I_C 、 I_D 和 I_E 构成的区域的不良数据修正。又因该区域的子节点无量测数据,配电网中离不良数据区域最近的数据可信度在 R_{b_yes} 之上的节点为节点 B,流过节点 B 的电流为 86.7 A,其下游共有 BC、CDE、D 和 E 这四个最小配电区域,将馈线的总供出负荷 86.7 A 除以 4 得到 21.7 A 作为 i 并采用其进行不良数据修正。显然,节点 C 处于区域的第 1 层,节点 D 和 E 处于第 2 层,根据式(6)可以得出 I_C 、 I_D 和 I_E 的修正值。

由表 2 可见,经过 5 次处理后节点 C 的电压修正完毕,经过 6 次处理后节点 C 的电流修正完毕。对于节点 C 的电压,可以依赖的数据相对充裕些,因此得到的结果也比较满意。而对于流过节点 C 的电流,可以依赖的数据较少,不能判断出究竟 I_C 、

I_D 和 I_E 哪个数据出了毛病,因此得到的结果就比较差些。但是无论如何,基于数据可信度的不良数据修正方法大大提高了数据一致性。

在实际当中,如果遇到突变量,则进行如文献[2]描述的突变量启动的不良数据辨识过程,本文对此不再赘述。

6 结束语

本文提出的基于数据可信度的不良数据辨识和修正方法,能够在严重缺乏量测数据的情况下,有效地提高配电自动化系统遥测数据一致性。由于配电自动化系统的终端设备采用交流采样方法,其有功功率和无功功率均是根据采集到的电压和电流计算得来,因此,如果某个节点的电压或电流存在不良数据,其有功功率和无功功率数据也往往存在问题。对于有功功率和无功功率不良数据的修正,可以在电压和电流得到较好修正的基础上,利用电压、电流、功率因数等计算得出,功率因数可以取0.85~0.95。本文讨论的方法在具有不良数据的区域中采取负荷平均分配的策略,当然也可以按照区域内各

配电变压器的额定负荷或用电规律进行负荷分配。本文提出的方法为配电网优化和重构、故障区域判断与健全区域最佳恢复供电等高级应用软件开发奠定了基础。

参考文献:

- [1] 刘健,程红丽,等. 配电网的模型化方法[J]. 西安交通大学学报,2000,34(10):10-14.
- [2] 刘健,卢建军,蔺丽华. 配电自动化不良数据辨识和配电网结线分析[J]. 电力系统自动化,2000,24(22):35-38.
- [3] 刘健,程红丽. 配电网分层及其应用[J]. 电网技术,2002.

收稿日期: 2003-02-28; 修回日期: 2003-05-12

作者简介:

刘健(1967-),男,教授,博士生导师,博士,IEEE高级会员,研究领域为电力系统自动化;

董海鹏(1973-),男,工程师,研究领域为配电网重构;

杨文宇(1973-),男,博士研究生,讲师,研究为配电系统自动化和配电系统可靠性评估。

Distribution automation data unanimity improvement based on confidence method

LIU Jian^{1,2}, DONG Haipeng², YANG Weiryu¹

(1. Xi'an University of Technology, Xi'an 710048, China;

2. Shaanxi Galxy Electric Power Automation Co., LTD., Xi'an 710075, China)

Abstract: A new method to identify and correct bad data is put forward based on data confidence. The unanimity of data in a distribution automation system can be greatly improved even in the case of badly lacking of real time data. Basic regularities of a distribution system are discussed, based on which, bad data can be identified. A concept of data confidence is established together with the approach of adjusting data confidence dynamically. The data identification and correction methods for single bad data and a group of bad data are detailed. An example is given to illustrate the proposed method.

Key words: distribution automation system; feeder automation; bad data identification and correction

河南电力建设五项目获奖

国家建设部日前公布2002年度国家级优秀工程勘察设计、优秀工程设计软件项目名单,河南省共有五个项目获奖,这五个项目均为河南省电力勘测设计院勘察或设计,它们是:洛阳至郑州500kV送变电工程获国家优秀设计金奖、洛阳热电厂2×14.2万kW改扩建工程获国家优秀设计银奖、安阳电厂八期2×30万kW工程获国家优秀设计铜奖、山西阳城电厂500kV送出工程测量获国家优秀勘察金奖、河南电力勘测设计院电力工程三维设计系统获国家优秀工程设计软件铜奖。

(转载河南电力报)