

基于可信度的电缆配电网不良数据辨识与修正

刘 健¹, 蔡明威², 张志华¹, 张小庆¹, 杜红卫³

(1. 陕西电力科学研究院, 陕西 西安 710054; 2. 西安科技大学 电气与控制工程学院, 陕西 西安 710054;

3. 国电南瑞科技股份有限公司, 江苏 南京 210061)

摘要: 根据流过一条母线的各个开关的负荷间的平衡约束以及流过直接相连开关的负荷间的平衡约束, 提出可信度分析的 3 个原则, 建议数据质量评价步骤。在此基础上, 提出一种基于可信度的配电网不良数据辨识与修正方法, 根据节点数据的可信度差异对不良数据进行修正, 以配电网数据的整体可信度最大为目标。实例结果表明: 在仅有少量不良数据的情况下, 所提方法可以对不良数据进行修正, 达到提高数据可信度的目的。

关键词: 配电; 电缆; 可信度; 不良数据辨识与修正; 模型

中图分类号: TM 732

文献标识码: A

DOI: 10.3969/j.issn.1006-6047.2014.02.012

0 引言

近年来, 配电自动化的建设取得了突飞猛进的发展, 北京、厦门等地 4 个国家电网公司第一批配电自动化试点项目已经通过实用化验收, 南京、成都等地 19 个国家电网公司第二批配电自动化试点项目已经通过工程验收。

对于配电自动化系统, 由于配电终端(FTU、DTU 等)工作在户外恶劣环境, 且通信通道难免受到短暂干扰, 还存在由于终端数量巨大而造成数据采集非同一时间断面等问题, 因此采集到的数据难免存在短暂大偏差(由于终端采样异常、复位或受到干扰)、持续大偏差(由于互感器原因或系数配置错误)、数据长期不刷新(由于通道中断、终端故障或蓄电池能量用尽)、数据矛盾(由于相关数据采样时间间隔过长且负荷变化较快)等现象。这些不良数据不仅妨碍了对配电网的正常运行监控, 而且对配电网故障处理、负荷转供和优化运行等造成严重的

影响。

状态估计技术是一种利用测量数据的相关度和冗余度, 采用计算机技术来对运行参数进行处理, 有效获得电力系统实时状态信息的计算方法^[1], 在这方面已经取得了许多研究成果: 比如基于支路电流的配电网状态估计^[2-4]、基于支路功率的配电状态估计^[5]、中压配电网分段状态估计法^[6]、基于等效电流量测变换的电力系统状态估计方法^[7]、基于模糊匹配潮流的配电网状态估计方法^[8]、基于广义岭估计的电力系统谐波状态估计^[9]。

现实中的配电自动化系统在进行状态估计时会遇到下列困难:

- a. 电流、有功功率、无功功率均为同一终端采集, 因此并不独立, 即若其一出现错误, 则其他两者必然也会出现错误, 所以不能利用三者的关系实现容错;
- b. 三相不平衡, 沿线电压降落小且电压量测精度不高, 有些节点甚至未进行电压量测;
- c. 馈线参数, 尤其是三相参数难以准确获得;
- d. 基于最小二乘法的状态估计, 往往受到个别

收稿日期: 2013-01-31; 修回日期: 2013-11-25

Power restoration strategy based on weighted ideal point method for distribution network

MA Jing, XU Dong, WANG Zengping

(State Key Laboratory of Alternate Electrical Power System with Renewable Energy Sources,
North China Electric Power University, Beijing 102206, China)

Abstract: A strategy of power restoration from distribution network fault based on weighted ideal point method is proposed, which takes the power loss, voltage quality and load balance as the goal of reconfiguration to establish the comprehensive evaluation function, adopts the rough set theory to determine the weight coefficient of each sub-objective function, and then applies the ideal point method to obtain the optimal solution of the comprehensive evaluation function. The results of verification show that, with faster calculation speed, it avoids the uncertainty of weight setting depending on previous experience, more corresponding with the power restoration requirement of actual distribution network.

Key words: electric power distribution; line fault; power recovery; optimization; rough set; ideal point method

粗大误差的影响,使一些本来质量较高的数据经过状态估计后也较大地偏离了实际值。

不良数据辨识是另一类剔除粗大误差和提高数据质量的方法,文献[10]综述了电力系统不良数据检测与辨识方法的现状与发展;文献[11]提出一种突变量启动的不良数据辨识与网络结线分析方法;文献[12]结合配电网从电源至末梢方向电压、电流的分布规律,提出一种量测数据可信度评估方法;文献[13]提出了一种基于同步测量信息的拓扑错误辨识算法对各类拓扑错误进行有效辨识;文献[14]针对不良数据的检测和辨识,分析了传统量测量残差检测和突变检测方法优缺点。

对于实施了配电自动化的电缆配电网,环网柜母线存在电流平衡关系,环网柜间直接连接而无负荷馈出的馈线段两端的开关流过的电流应当相等。本文提出一种利用这些由网络拓扑和运行方式决定的潮流约束关系,进行配电网不良数据辨识与修正的方法。

1 基本原理

1.1 母线模型

对于电缆配电网的 10 kV 母线(包括 10 kV 环网柜或开闭所母线、10 kV 电缆 T 接点等),其任何一相可以统一抽象为图 1 所示的模型。图中,箭头表示潮流的方向;方块代表开关,实心代表合闸,空心代表分闸。对于开环运行配电网的母线,必然有一个开关为潮流流入开关,称为“入点”(如开关 A);其余的合闸开关称为“出点”,它们或为将潮流向其他母线传递的开关(如 B₂),或为负荷供出开关(如 C);与母线相连的开关中还有可能有处于分闸状态的联络开关(如 B₁)。流过一条母线的各个开关的负荷(可以是电流、有功功率、无功功率)应符合式(1)的负荷平衡约束:

$$I_R(t) = \sum_{i \in F_R} I_i(t) \quad (1)$$

其中, $I_R(t)$ 为该母线上“入点”开关流过的电流; $I_i(t)$ 为非“入点”开关 i 流过的电流; F_R 为该母线上所有非“入点”开关的集合。

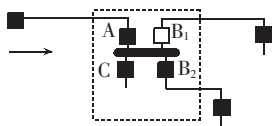


图 1 母线的单相统一抽象模型

Fig.1 Unified abstract single-phase model of bus

考虑到互感器的精度和采样的非同时性,式(1)不可能严格成立,在实际当中可在式(2)满足时即认为式(1)成立:

$$\frac{\left| I_R - \sum_{i \in F_R} I_i \right|}{I_R} < \varepsilon_B \quad (2)$$

其中, ε_B 为最大允许误差。

根据对国网公司 23 个城市配电自动化系统遥测数据质量的现场考察,并考虑到相关标准中遥测综合误差小于 1.5%,且式(1)与多个采集量有关,并且考虑到电流互感器(TA)误差特性的影响, ε_B 一般可依式(3)取值。

$$\varepsilon_B = \begin{cases} 2.0\% & I_R \geq 10\% \cdot I_N \\ 4.0\% & I_R < 10\% \cdot I_N \end{cases} \quad (3)$$

其中, I_N 为电流互感器额定电流。

1.2 母线“入点”和“出点”的确定

对于开环运行的配电网,潮流方向总是由电源点指向末梢。据此,根据开关的状态信息进行网络拓扑分析,就能得出流过各个开关的潮流的方向^[15]。

各个开关状态信息的可靠性是网络拓扑分析正确性的决定因素,在保障开关状态信息可靠性方面已经广泛采取了许多措施,如开关状态信息采用“双点遥信”、定期频繁总召配电终端全数据、开关状态与事件顺序记录(SOE)核对确认等,可以认为配电网的开关状态是可以可靠获知的。

根据配电网开关状态进行网络拓扑分析,就能得出各个开关流过潮流的方向,从而确定相应母线的“入点”和“出点”。

1.3 数据质量评价

对于配电网的任何一相,根据数据间的相关性,采用奖励加分的方式对数据的可信程度进行评价,加分可依据下列原则。

原则 1 对于配电网的任何一相,若与一条母线相连的各个开关均有效地采集到负荷数据,并且所采集的负荷数据符合式(2)的约束,则与该母线相连的各个开关的该相负荷数据可信度各加 1 分。

原则 2 对于配电网的任何一相,若直接相连的 2 个开关 S_1 和 S_2 (其中一个若是一条母线的“入点”,另一个必然是另一条母线的“出点”,此外,它们也有可能是联络开关)均有效地采集到负荷数据,并且所采集的负荷数据符合式(4)(即基本相等),则这 2 个开关该相负荷数据的可信度各加 1 分。

$$|I_{S1} - I_{S2}| < \frac{\varepsilon_K (I_{S1} + I_{S2})}{2} \quad (4)$$

其中, ε_K 的取值可仿照式(3)确定,当流过开关 S_1 和 S_2 的电流均小于其电流互感器的额定电流的 10% 时, ε_K 取 4.0%,否则 ε_K 取 2.0%。

并且有如下规则。

a. 若以 S_1 或 S_2 为“入点”的母线所连接的各个开关所采集的该相负荷数据符合式(2)的约束,则

对该母线相连的其余合闸开关该相负荷数据的可信度各加 1 分。

b. 若以 S_1 或 S_2 为“出点”的母线所连接的各个开关所采集的该相负荷数据符合式(2)的约束,则对该母线相连的潮流流入开关(即该母线的“入点”)该相负荷数据的可信度加 1 分。

原则 3 对于品质标识为“老数据”的采集负荷数据,将其等同为未采集负荷数据对待。

1.4 数据质量评价步骤

对负荷数据质量的评价可以采取下列步骤:

- 根据各个开关的状态进行网络拓扑分析,确定相应母线的“入点”和“出点”;
- 所有开关的可信度初值设置为 0;
- 遍历所有的母线,并分别按照原则 1 进行加分评价;
- 遍历所有直接连接的开关,并分别按照原则 2 进行加分评价。

采取上述步骤后,最终可以得出各个开关所采集负荷数据的可信度数值。

1.5 不良数据辨识

不良数据比较容易辨识,往往有下列几种类型:

- 与某条母线相连的开关的负荷数据不符合式(2)的负荷平衡约束;
- 2 个直接连接的开关的负荷数据存在较大的差别;
- 流过处于分闸状态的开关的负荷大于零漂值;
- 处于“孤岛”状态的子网络中的开关仍流过负荷。

1.6 数据修正

在大量负荷数据采集正确,仅有少量不良数据的情况下,利用数据的冗余及约束关系,可以对不良数据进行修正,对“老数据”或未采集数据进行估计,具体方法如下。

- 按 1.4 节方法对负荷数据质量进行评价。
- 若 2 个直接连接的开关的负荷数据基本相等,而可信度不同,则它们的可信度都采用较大的可信度。
- 若 2 个直接连接的开关的负荷数据存在较大的差别,且它们的可信度存在差别,则将可信度小的开关的负荷数据和可信度用可信度大的开关的负荷数据和可信度替代。
- 若与某条母线相连的开关的负荷数据不符合式(2)的负荷平衡约束,且潮流流入开关的可信度不是最低,则流过可信度最低的开关的负荷之和为流过潮流流入开关的负荷与流过其余开关的负荷之差,若只有一个可信度最低的开关,则得出的就是该开关的估计负荷。

e. 若与某条母线相连的开关的负荷数据不符合式(2)的负荷平衡约束,且潮流流入开关的可信度最低而其余开关的可信度都比它高,则潮流流入开关的负荷用流过其余开关的负荷之和替代。

f. 若经过修正的是“老数据”或未采集数据,则将其视为“有效采集数据”对待。

g. 再次进行 1.4 节描述的负荷数据质量评价。

h. 若与上一次数据质量评价时相比,所有开关的可信度之和不再增加,则将得到的负荷数据作为状态估计结果,退出;否则返回步骤 b。

2 实例

2.1 实例描述

对于图 2 所示的配电网, S 为变电站出线开关;箭头表示潮流的方向;方块代表开关,实心代表采集到的状态为合闸,空心代表采集到的状态为分闸;不带“*”数值表示采集到的某一相电流信息(单位 A),带“*”数值表示人为设定的不可信数据(单位 A)。有 31 个开关,8 条母线,电流互感器变比均为 600:5。

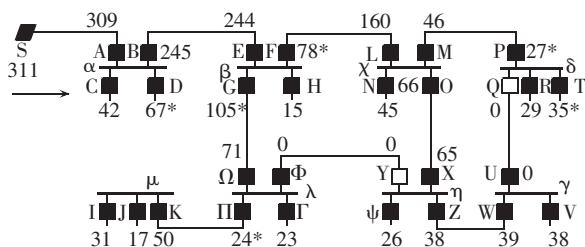


图 2 一个配电网及由配电自动化系统采集到的电流信息

Fig.2 Current information of a distribution system acquired by its distribution automation system

根据各个开关的状态进行网络拓扑分析,可知:开关 A、E、L、P、Ω、X、K、W 为相应母线的入点。由图可见,采集到的数据存在相互矛盾。

2.2 数据质量评价

用 $B(i)$ 表示开关 i 的可信度,采用 1.4 节方法进行数据质量评价。

首先清零 $B(A) \sim B(\Pi)$, 然后进行母线遍历:

- 母线 α 不符合原则 1, 则 $B(A)=B(B)=B(C)=B(D)=0$;
- 母线 β 不符合原则 1, 则 $B(E)=B(F)=B(G)=B(H)=0$;
- 母线 δ 不符合原则 1, 则 $B(P)=B(Q)=B(R)=B(T)=0$;
- 母线 λ 不符合原则 1, 则 $B(\Omega)=B(\Phi)=B(\Pi)=B(\Gamma)=0$;
- 母线 γ 符合原则 1, 则 $B(U)=B(U)+1=1$, $B(V)=B(V)+1=1$, $B(W)=B(W)+1=1$;
- 母线 χ 符合原则 1, 则 $B(L)=B(L)+1=1$, $B(M)=$

$B(M)+1=1, B(N)=B(N)+1=1, B(O)=B(O)+1=1$;

g. 母线 μ 符合原则 1, 则 $B(K)=B(K)+1=1$,
 $B(I)=B(I)+1=1, B(J)=B(J)+1=1$;

h. 母线 η 符合原则 1, 则 $B(X)=B(X)+1=1$,
 $B(Y)=B(Y)+1=1, B(Z)=B(Z)+1=1, B(\psi)=$
 $B(\psi)+1=1$ 。

各开关 a 相电流的可信度如表 1 所示。

表 1 第 1 次母线遍历后各开关 a 相电流的可信度

Tab.1 Confidence level of phase-a current for switches of a bus after 1st ergodic analysis

开关	可信度	开关	可信度	开关	可信度
A	0	L	1	W	1
B	0	M	1	X	1
C	0	N	1	Y	1
D	0	O	1	Z	1
E	0	P	0	ψ	1
F	0	Q	0	Π	0
G	0	R	0	Γ	0
H	0	S	0	Ω	0
I	1	T	0	Φ	0
J	1	U	1		
K	1	V	1		

接下来对所有直接连接的开关进行遍历:

a. 比如 S 与 A 直接连接且符合原则 2, 但是母线 α 不符合式(2)的约束, 则 $B(S)=B(S)+1=1, B(A)=$
 $B(A)+1=1$;

b. B 与 E 直接连接且符合原则 2, 但是母线 α 和 β 都不符合式(2)的约束, 则 $B(B)=B(B)+1=1$,
 $B(E)=B(E)+1=1$;

c. Q 与 U 直接连接且符合原则 2, 且母线 δ 不符合式(2)的约束, 而母线 γ 符合式(2)的约束, 则
 $B(Q)=B(Q)+1=1, B(U)=B(U)+1=2, B(W)=$
 $B(W)+1=2$;

d. Z 与 W 直接连接且符合原则 2, 母线 η 和 γ 符合式(2)的约束, 则 $B(Z)=B(Z)+1=2, B(W)=$
 $B(W)+1=3, B(X)=B(X)+1=2, B(U)=B(U)+1=$
 $3, B(V)=B(V)+1=2$;

e. O 与 X 直接连接且符合原则 2, 母线 χ 和 η 都符合式(2)的约束, 则 $B(O)=B(O)+1=2, B(X)=$
 $B(X)+1=3, B(L)=B(L)+1=2, B(Z)=B(Z)+1=$
 $3, B(\psi)=B(\psi)+1=2$;

f. Φ 与 Y 直接连接且符合原则 2, 且母线 λ 不符合式(2)的约束, 而母线 η 符合式(2)的约束, 但 Y 既不是母线的“入点”, 也不是其“出点”, 则 $B(\Phi)=$
 $B(\Phi)+1=1, B(Y)=B(Y)+1=2$;

g. F 与 L 直接连接但不符合原则 2, M 与 P 直接连接但不符合原则 2, G 与 Ω 直接连接但不符合原则 2, K 与 Π 直接连接但不符合原则 2。

各个开关 a 相电流的可信度如表 2 所示, 总的

表 2 第 1 次遍历直接连接开关后

各开关 a 相电流的可信度

Tab.2 Confidence level of phase-a current for directly connected switches after 1st ergodic analysis

开关	可信度	开关	可信度	开关	可信度
A	1	L	2	W	3
B	1	M	1	X	3
C	0	N	1	Y	2
D	0	O	2	Z	3
E	1	P	0	ψ	2
F	0	Q	1	Π	0
G	0	R	0	Γ	0
H	0	S	1	Ω	0
I	1	T	0	Φ	1
J	1	U	3		
K	1	V	2		

可信度为 33。

2.3 数据修正

用 $I(i)$ 表示开关 i 的 a 相电流值(单位 A), 采用 1.6 节方法进行数据修正:

a. 比如 F 与 L 直接连接, 它们的负荷数据存在较大差别, 且 $B(L) > B(F)$, 则 $I(F) = I(L) = 160$,
 $B(F) = B(L) = 2$;

b. 比如 M 与 P 直接连接, 它们的负荷数据存在较大差别, 且 $B(M) > B(P)$, 则 $I(P) = I(M) = 46$,
 $B(P) = B(M) = 1$;

c. 比如 K 与 Π 直接连接, 它们的负荷数据存在较大差别, 且 $B(K) > B(\Pi)$, 则 $I(\Pi) = I(K) = 50$, $B(\Pi) =$
 $B(K) = 1$;

d. 比如 Q 与 U 直接连接, 它们的负荷数据基本相等, 则 $B(Q) = B(U) = 3$, 类似地 $B(\Phi) = B(Y) = 2$,
 $B(O) = B(X) = 3$;

e. 比如与母线 α 相连的开关的负荷数据不符合式(2)的约束, 且 C 和 D 的可信度最低, 则流过 C 和 D 的负荷之和为 $I(C+D) = I(A) - I(B) = 64$;

f. 与母线 β 相连的开关的负荷数据不符合式(2)的约束, 且 G 和 H 的可信度最低, 则流过 G 和 H 的负荷之和为 $I(G+H) = I(E) - I(F) = 84$ 。

第 1 次数据修正后的结果如图 3 中加粗数字所示。

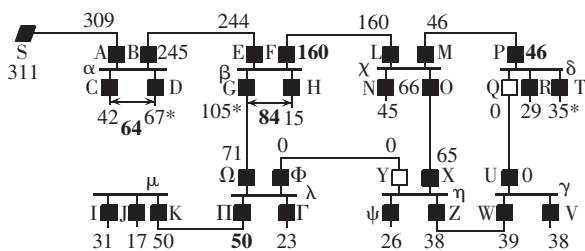


图 3 第 1 次数据修正后的结果

Fig.3 Results of 1st data correction

再次进行 1.4 节描述的负荷数据质量评价, 得

到各个开关 a 相电流的可信度如表 3 所示。

表 3 第 1 次数据修正后各开关 a 相电流的可信度

Tab.3 Confidence level of phase-a current for switches after 1st data correction

开关	可信度	开关	可信度	开关	可信度
A	1	L	4	W	3
B	1	M	2	X	3
C	0	N	2	Y	2
D	0	O	3	Z	3
E	2	P	1	ψ	2
F	1	Q	1	Π	2
G	0	R	0	Γ	1
H	0	S	1	Ω	3
I	2	T	0	Φ	2
J	2	U	3		
K	2	V	2		

总的可信度为 50,比上次的 33 大,则继续进行数据修正:

- a. B 与 E 直接连接且负荷数据基本相等,但是 $B(E)>B(B)$,则 $B(B)=B(E)=2$;
- b. F 与 L 直接连接且负荷数据基本相等,但是 $B(L)>B(F)$,则 $B(F)=B(L)=4$;
- c. M 与 P 直接连接且负荷数据基本相等,但是 $B(M)>B(P)$,则 $B(P)=B(M)=2$;
- d. Q 与 U 直接连接且负荷数据基本相等,但是 $B(U)>B(Q)$,则 $B(Q)=B(U)=3$;
- e. Ω 与 G 直接连接,它们的负荷数据存在较大差别,且 $B(Ω)>B(G)$,则 $I(G)=I(Ω)=71, B(G)=B(Ω)=3$;
- f. 与母线 δ 相连的开关的负荷数据不符合式(2)的约束,且 R 和 T 的可信度最低,则流过 R 和 T 的负荷之和为 $I(R+T)=I(P)-I(Q)=46$ 。

第 2 次数据修正后的结果如图 4 中斜体数字所示。

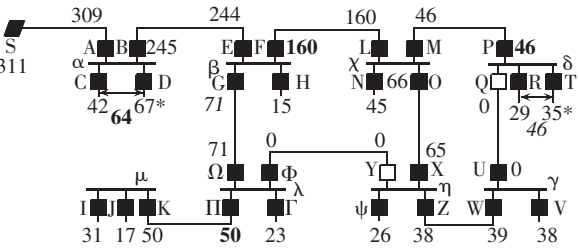


图 4 第 2 次数据修正后的结果

Fig.4 Results of 2nd data correction

再次进行 1.4 节描述的负荷数据质量评价,得到各个开关 a 相电流的可信度如表 4 所示。

总的可信度为 63,比上次的 50 大,则继续进行数据修正,但是已经不能再得到更好的结果了,因此退出。

图 4 所示就是最终的数据修正结果,可见数据

表 4 第 2 次数据修正后各开关 a 相电流的可信度

Tab.4 Confidence level of phase-a current for switches after 2nd data correction

开关	可信度	开关	可信度	开关	可信度
A	1	L	3	W	3
B	1	M	3	X	3
C	0	N	2	Y	2
D	0	O	3	Z	3
E	3	P	1	ψ	2
F	3	Q	1	Π	3
G	3	R	0	Γ	2
H	2	S	1	Ω	4
I	2	T	0	Φ	3
J	2	U	3		
K	2	V	2		

质量和可信度得到了很大的提高,虽然 C 和 D 的负荷仍无法估计出来,但它们之和可以估计出来且可信度较高,类似的还有 R 和 T。

3 结论

- a. 对于全观测电缆配电网,由于受到由其拓扑决定的潮流约束关系,采集到的遥测信息存在冗余,为配电网不良数据辨识和修正提供了有利条件。
- b. 所建议的数据质量评价的 3 个原则和数据质量评价步骤,能够对电缆配电网采集数据的可信度进行分析。
- c. 所建议的基于可信度的配电网不良数据辨识和修正方法,在大量负荷数据采集正确,仅有少量不良数据的情况下,利用数据的冗余及约束关系,可以对不良数据进行修正,达到提高数据可信度的目的。

参考文献:

[1] 于尔铿. 电力系统状态估计[M]. 北京:水利水电出版社,1985: 1-2.

[2] BARAN M E,KELLEY A W. A branch-current-based state estimation method for distribution system[J]. IEEE Transactions on Power Systems,1995,10(1):483-491.

[3] MELDORFE M,TREUFELDT U,KILTER J. State estimation technique for distribution networks[C]//2005 IEEE Russia Power Tech. St Petersburg,Russia:[s.n.],2005:1-5.

[4] 吴为麟,侯勇,方鸽飞. 基于支路电流的配电网状态估计[J]. 电力系统及其自动化学报,2001,13(6):14-19.

WU Weilin,HOU Yong,FANG Gefei. Status estimation of distribution system based on branch currents[J]. Proceedings of the CSU-EPSA,2001,13(6):14-19.

[5] 孙宏斌,张伯明,相年德. 基于支路功率的配电状态估计方法[J]. 电力系统自动化,1998,22(8):12-16.

SUN Hongbin,ZHANG Boming,XIANG Niande. A branch-current-based state estimation method for distribution system [J]. Automation of Electric Power Systems,1998,22(8):12-16.

[6] 孙健,张锋,江道灼. 中压配电网分段状态估计法[J]. 电力系统

- 及其自动化学报,2003,15(3):66-69.
- SUN Jian,ZHANG Feng,JIANG Daozhao. A subsection state estimation method on medium voltage distribution systems[J]. Proceedings of the CSU-EPSA,2003,15(3):66-69.
- [7] 程浩忠,袁青山,汪一华. 基于等效电流量测变换的电力系统状态估计方法[J]. 电力系统自动化,2000,24(14):25-29.
- CHENG Haozhong,YUAN Qingshan,WANG Yihua. A state estimation method of power systems based on equivalent current measurement transformation[J]. Automation of Electric Power Systems,2000,24(14):25-29.
- [8] 陈得治,郭志忠. 配电网模糊匹配潮流状态估计方法分析[J]. 电力系统自动化,2005,29(13):34-39.
- CHEN Dezhi,GUO Zhizhong. Analysis of distribution fuzzy matching power flow state estimation method[J]. Automation of Electric Power Systems,2005,29(13):34-39.
- [9] 牛胜锁,梁志瑞,张建华,等. 基于广义岭估计的电力系统谐波状态估计[J]. 电力自动化设备,2012,32(7):94-98.
- NIU Shengsuo,LIANG Zhirui,ZHANG Jianhua,et al. Power system harmonic state estimation based on generalized ridge estimation[J]. Electric Power Automation Equipment,2012,32(7):94-98.
- [10] 刘莉,翟登辉,姜新丽,等. 电力系统不良数据检测与辨识方法的现状与发展[J]. 电力系统保护与控制,2010,38(5):143-147,152.
- LIU Li,ZHAI Denghui,JIANG Xinli,et al. Current situation and development of the methods on bad-data detection and identification of power system[J]. Power System Protection and Control,2010,38(5):143-147,152.
- [11] 刘健,卢建军,蒯丽华. 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.
- LIU Jian,LU Jianjun,LIN Lihua. Bad data identification and topology determination for distribution network[J]. Automation of Electric Power Systems,2000,24(22):35-38.
- [12] 刘健,毕鹏翔,董海鹏. 复杂配电网简化分析与优化[M]. 北京:中国电力出版社,2002:151-157.
- [13] 王增平,张晋芳,钱诚. 基于同步测量信息的电网拓扑错误辨识方法[J]. 电力自动化设备,2012,32(1):1-8.
- WANG Zengping,ZHANG Jinfang,QIAN Cheng. Topology error identification based on synchronized measurements for power network[J]. Electric Power Automation Equipment,2012,32(1):1-8.
- [14] 刘辉乐,刘天琪. 电力系统动态状态估计的研究现状和展望[J]. 电力自动化设备,2004,24(12):73-77.
- LIU Huile,LIU Tianqi. Status quo and prospect of power system dynamic state estimation[J]. Electric Power Automation Equipment,2004,24(12):73-77.
- [15] 刘健. 变结构耗散网络——配电网自动化新算法[M]. 北京:中国水利水电出版社,2000:13-20.

作者简介:



刘健(1967-),男,陕西西安人,教授,博士研究生导师,博士,主要研究方向为配电网及其自动化技术;

蔡明威(1988-),男,陕西西安人,硕士研究生,研究方向为电力系统自动化(E-mail: caimw@sina.com);

刘健 张志华(1987-),男,安徽池州人,硕士,主要研究方向为配电网自动化技术;

张小庆(1971-),男,陕西西安人,高级工程师,硕士,主要研究方向为电力系统自动化;

杜红卫(1974-),男,山东滕州人,高级工程师,博士,主要研究方向为电力系统分析应用软件及配电自动化。

Bad data identification and correction based on confidence level for cable power distribution system

LIU Jian¹,CAI Mingwei²,ZHANG Zhihua¹,ZHANG Xiaoqing¹,DU Hongwei³

(1. Shaanxi Electric Power Research Institute,Xi'an 710054,China;

2. School of Electrical and Control Engineering,Xi'an University of Science & Technology,Xi'an 710054,China;

3. NARI Technology Development Co.,Ltd.,Nanjing 210061,China)

Abstract: According to the load balance constraint among the switches of a bus and that among directly connected switches,three principles of confidence level appreciation are proposed and the procedure of data quality evaluation is suggested,based on which,a method of bad data identification and correction based on confidence level is proposed for power distribution network. It corrects bad data according to the confidence level difference of bus data and takes the maximum overall confidence level of distribution network data as its objective. Results of case study show that,when there are only a few bad data,they are corrected and the confidence level is improved.

Key words: electric power distribution; cables; confidence level; bad-data identification and correction; models