

电网设备错误参数的支路量测标么值残差代数和均值辨识法

颜 伟,赵雪骞,陈 俊,李世明

(重庆大学 输配电装备及系统安全与新技术国家重点实验室,重庆 400030)

摘要: 充分考虑随机量测误差的正态分布特点,提出了基于单一设备多时段相量测量单元(PMU)或数据采集与监视控制(SCADA)量测的错误参数均值辨识法。该方法首先基于线路、双绕组和三绕组变压器的等值电路模型及其 PMU 或 SCADA 量测信息,提出单一设备同一时段综合标么值残差指标,以综合反映量测与参数误差对残差的影响;然后以方差系数为收敛条件,求取多时段综合残差代数和均值的绝对值(指标 T),以突出参数误差对综合残差均值的影响;最后根据综合残差均值的大小来辨识设备的参数错误。分析了文献错误参数综合残差平方和均值辨识法存在的问题,论证了所提方法在消除量测误差影响和确定均值样本数两方面的优势,并通过仿真分析验证了所提方法的有效性。

关键词: 参数辨识; 标么值; 残差; 相量测量单元; 数据采集与监视控制

中图分类号: TM 744

文献标识码: A

DOI: 10.3969/j.issn.1006-6047.2013.02.017

0 引言

电网设备参数的准确性是各种电网分析计算的基础。实际工程中,由于缺少实测参数而直接采用设计参数、线路改建和运行环境变化、运行年久等原因,容易导致设备参数的使用值存在误差甚至错误。而电网参数错误会严重影响电网分析计算结果的可信度^[1-7]。因此,有效辨识电网参数的错误十分必要。

现有参数辨识方法主要基于多个设备的电网关联量测方程^[8-13]。如何解决其中的参数与参数之间、参数与量测信息之间的误差甚至错误影响,是这类方法需要解决的一个关键问题。近年来,有学者提出了基于单个设备多时段量测残差均值的参数辨识方法^[14],该方法可以避免不同设备之间参数与量测误差的相互影响,同时可以通过多时段样本均值来减小正态分布量测误差的影响,从而有望获得更高的参数辨识精度。类似的均值方法还被应用于参数估计中^[15-16],同样取得了良好的估计精度。

理论上,均值辨识方法在消除随机量测误差影响方面具有明显优势,但文献[14]在构造均值辨识判据和确定均值样本数方面存在明显问题,从而严重影响了错误参数的辨识效果。为此,本文在充分论证均值判据的基础上,提出了支路量测标么值残差代数和均值指标(指标 T)及在此基础上的错误辨识法。该方法首先建立单一设备同一时段综合标么值残差指标,然后以方差系数为收敛条件,求取多时段综合残差代数和均值的绝对值(指标 T),最后根据综合残差均值的大小来辨识设备的错误参数。仿真结果验证了此方法的有效性。

1 指标 D 的问题及指标 T 的构造思路

1.1 指标 D 及其存在的问题

文献[14]基于支路(线路和双绕组变压器)参数及其多时段量测信息,建立了支路量测相对值残差平方和均值指标(指标 D),其具体公式如下:

$$D = \frac{\sum_{t=1}^n \sum_{j=1}^m \left(\frac{x_{i,j,t} - \hat{x}_{i,j,t}}{x_{i,j,t}} \right)^2}{n} \quad (1)$$

其中, t 为时段数; $\hat{x}_{i,j,t}$ 为 $x_{i,j,t}$ 的量测值; i 可为 1 或 2,分别表示支路首端和末端; m 和 n 分别为所取量测量和时段的总数; $x_{i,j}$ 为线路或双绕组变压器 i 侧对应的第 j 类变量估计值。当 i 侧配置有相量测量单元(PMU)时, $x_{i,j}$ 对应 U_i 和 I_i 的实部与虚部;当 i 侧配置有数据采集与监视控制(SCADA)时, $x_{i,j}$ 为 U_i 、 P_i 和 Q_i ;其中, U_i 、 I_i 、 U_i 、 P_i 和 Q_i 分别为 i 侧的电压相量、电流相量、电压幅值、有功和无功。

在计算指标 D 时,文献[14]要求支路至少有一侧配置有 PMU,相应地 $x_{i,j}$ 为 PMU 量测相量计算得到的估计值。

文献[14]将支路多时段的 D 值作为参数辨识依据。具体仿真时,先设定一个门槛值 $D_{\min}$,当 D 的计算值大于 $D_{\min}$ 则表示该支路参数存在错误。

由式(1)可知,指标 D 存在如下缺陷。

a. 指标 D 采用平方和形式,不仅不能消除具有正负对称分布的正态分布随机量测误差,而且还有误差叠加的放大作用。当参数误差较大而量测误差较小或者量测误差较大而参数误差较小时,指标 D 的残差平方和结果可能都一样,因此,无法根据指标 D 的大小来区分参数和量测错误。

b. 指标 D 采用相对残差形式, 当量测状态的估计值 $x_{2,i}$ 较小时, 即使绝对残差 $x_{2,i} - \hat{x}_{2,i}$ 并不大, 其相对残差 $(x_{2,i} - \hat{x}_{2,i})/x_{2,i}$ 的数值可能非常大, 因此, 指标 D 阈值的有效性很难保证。

c. 样本数 n 的取值没有依据, n 取不同的值, D 值可能有较大差别, 因此, 指标 D 样本数的有效性很难保证。

1.2 指标 T 的构造思路

为了克服指标 D 存在的缺点, 本文构造了一个新的参数辨识指标——多时段综合标么值残差代数和均值的绝对值, 称为指标 T , 其具体公式如下:

$$T = \left| \left(\sum_{t=1}^n \sum_{i \in A} \sum_{j=1}^m \frac{x_{i,j,t} - \hat{x}_{i,j,t}}{x_{Bi,j}} \right) / n \right| \quad (2)$$

其中, 线路和双绕组变压器对应的 $x_{i,j}$ 和下标 i 的定义同指标 D 。对于三绕组变压器, i 取值 1、2、3 分别对应高、中、低压三侧, $x_{Bi,j}$ 为变量 $x_{i,j}$ 所对应的基准值, $x_{i,j}$ 定义可类比线路和双绕组变压器。对于线路和双绕组变压器 $A = \{2\}$, 对于三绕组变压器 $A = \{1, 2, 3\}$ 。其他变量定义同 1.1 节。

相对指标 D 的平方和形式, 指标 T 采用代数和形式, 由此可抵消对称的正负量测误差; 相对指标 D 以量测估计值 $x_{2,i}$ 为基准, 指标 T 采用标么值基准 $x_{Bi,j}$, 由此解决了指标 D 阈值选择困难和难以区分参数与量测错误的问题。

2 线路、双绕组变压器和三绕组变压器错误参数辨识的指标 T

本文采用的输电线路、双绕组变压器和三绕组变压器等值模型, 分别如图 1—3 所示。

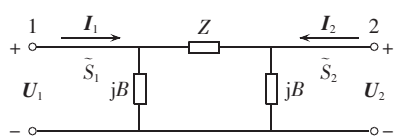


图 1 π 型等值输电线路模型

Fig.1 Equivalent circuit of π -type transmission line

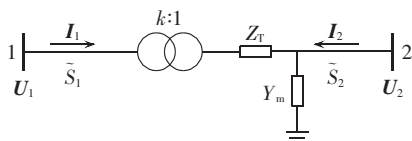


图 2 等值双绕组变压器模型

Fig.2 Equivalent circuit of double-winding transformer

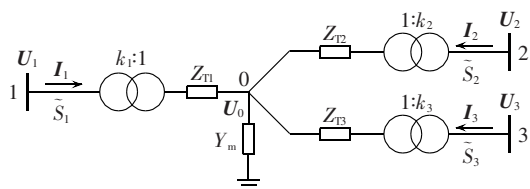


图 3 三绕组变压器等值模型

Fig.3 Equivalent circuit of three-winding transformer

图 1—3 中: $\tilde{S}_i$ 为节点 i 的复功率; k_i 为 i 侧变比; Y_m 为变压器的激磁导纳; Z_T 、 Z 和 B 分别为三绕组变压器 i 侧的阻抗、双绕组变压器阻抗、线路阻抗和对地电纳。为了简化公式, 下面的量测值和估计值都使用标么值而不是式 (1) 和 (2) 的有名值。

2.1 基于 PMU 量测的指标 T

根据 1.2 节的指标 T 构造思路, 可以得到基于 PMU 量测的线路、双绕组变压器和三绕组变压器的指标 T , 分别为 T_L 、 T_{2T} 和 T_{3T} :

$$T_L = T_{2T} = \frac{1}{n} \left\{ \sum_{t=1}^n [\text{Re}(U_{2,t} - \hat{U}_{2,t}) + \text{Im}(U_{2,t} - \hat{U}_{2,t})] \right\} + \frac{1}{n} \left\{ \sum_{t=1}^n [\text{Re}(I_{2,t} - \hat{I}_{2,t}) + \text{Im}(I_{2,t} - \hat{I}_{2,t})] \right\} \quad (3)$$

$$T_{3T} = \left| \left\{ \sum_{t=1}^n [\text{Re}(U_{1,t} - \hat{U}_{1,t}) + \text{Im}(U_{1,t} - \hat{U}_{1,t}) + \text{Re}(I_{1,t} - \hat{I}_{1,t}) + \text{Im}(I_{1,t} - \hat{I}_{1,t}) + \text{Re}(I_{3,t} - \hat{I}_{3,t}) + \text{Im}(I_{3,t} - \hat{I}_{3,t})] \right\} / n \right| \quad (4)$$

其中, $\text{Re}(\cdot)$ 和 $\text{Im}(\cdot)$ 分别表示取实部和虚部。

2.2 基于 SCADA 量测的指标 T

类似 2.1 节方式, 可以得到基于 SCADA 量测的线路和变压器的指标 T , 具体如下:

$$T_L = \left| \left\{ \sum_{t=1}^n [(P_{2,t} - \hat{P}_{2,t}) + (Q_{2,t} - \hat{Q}_{2,t}) + (U_{2,t} - \hat{U}_{2,t})] \right\} / n \right| \quad (5)$$

$$T_{3T} = \left| \left\{ \sum_{t=1}^n [(U_{2,t} - \hat{U}_{2,t}) + (U_{3,t} - \hat{U}_{3,t}) + (P_{1,t} - \hat{P}_{1,t}) + (Q_{1,t} - \hat{Q}_{1,t})] \right\} / n \right| \quad (6)$$

3 支路量测标么值残差代数和的均值计算方法

为了解决样本数的合理选择问题, 本文借鉴了蒙特卡洛仿真的随机模拟思想。在蒙特卡洛仿真中, 一方面必须能够模拟随机事件, 以实现样本的随机抽样; 另一方面还要保证随机抽样的样本足够多, 使其能够充分代表随机事件的随机特征。后者通常采用样本的方差系数作为评估判据^[16]。当方差系数足够小时, 新增的随机样本对样本均值及其方差的影响很小, 则认为随机抽样的样本数满足要求。

为此, 本文采用支路量测标么值残差代数和的方差系数判据 η 来确定均值计算的样本数。具体公式如下:

$$\eta = \frac{\sqrt{\frac{1}{n(n-1)} \sum_{t=1}^n (T_{all,t} - \bar{T}_{all})^2}}{\bar{T}_{all}} \quad (7)$$

$$T_{all,t} = \sum_{i \in A} \sum_{j=1}^m (x_{i,j,t} - \hat{x}_{i,j,t}) \quad (8)$$

$$\bar{T}_{all} = \left(\sum_{t=1}^N T_{all,t} \right) / n \quad (9)$$

其中, $T_{all,t}$ 为 t 时刻对应的支路量测标么值残差代数

和 $\bar{T}_{\text{all}}$ 为 n 个时段 $T_{\text{all},t}$ 的算数平均值; n 为 $T_{\text{all},t}$ 总的计算次数,即样本数。

4 算例仿真与分析

4.1 算例基础数据

4.1.1 设备参数真值和参数误差设置方案

本文所用设备参数的真值如下:线路参数, $R=1.2\times10^{-3}$, $X=1.65\times10^{-2}$, $B=0.838$;双绕组变压器参数, $R=6\times10^{-4}$, $X=2.3\times10^{-2}$, $k=1.025$, $G_m=1.9\times10^{-3}$, $B_m=1.39\times10^{-2}$;三绕组变压器参数, $R_1=1.1\times10^{-3}$, $R_2=4.55\times10^{-4}$, $R_3=1.4\times10^{-3}$, $X_1=8.04\times10^{-2}$, $X_2=-7.1\times10^{-3}$, $X_3=5.01\times10^{-2}$, $k_1=1.0875$, $k_2=1.1$, $k_3=1.05$, $G_m=9.65\times10^{-4}$, $B_m=1.17\times10^{-3}$ 。其中, R 、 X 分别为电阻、电抗, G_m 、 B_m 分别为变压器的励磁电导、电纳;变压器抽头级差为 1.25%,且抽头在高压侧;其他变量定义同第 2 节。

由于电阻和励磁对潮流状态的影响很小,所以本文在参数辨识时没有考虑这 2 类参数的错误。在参数误差设置方案中,不设置参数误差或只设置 1 种参数误差,其余参数均为真值。具体设置方案如下:方案 1,所有参数都没有误差;方案 2,只有电抗有 10% 的误差;方案 3,只有对地电纳有 10% 的误差;方案 4/5/6,相应地只有三绕组变压器高/中/低压侧电抗有高压侧电抗大小的 10% 的误差;方案 7,只有变压器变比有抽头最小级差的误差。

4.1.2 基础状态信息

本文所设置的基础状态信息如下:线路, $U_{1_base}=1.05+j0.11$, $\tilde{S}_{2_base}=-3.72-j1.36$;双绕组变压器, $U_{1_base}=1.05-j0.1$, $\tilde{S}_{2_base}=5.4+j0.01$;三绕组变压器, $U_{1_base}=1.05-j0.02$, $\tilde{S}_{2_base}=-0.62-j9.1\times10^{-15}$, $\tilde{S}_{3_base}=-0.01+j0.07$ 。其中, U_{base} 、 $\tilde{S}_{base}$ 分别表示电压和功率基础数据。

4.1.3 量测数据的构造方法

设随机量测误差服从正态分布。根据文献[17]的 PMU 量测误差标准,电压和电流幅值的最大误差不大于 0.5%,相角的最大误差不大于 1°。本文取最大误差的 1/3 作为量测误差的标准差,并在此基础上通过误差传递方式确定 SCADA 量测的功率误差。

通过设备真值参数和 4.1.2 节的基础状态数据可推导出其他状态量,采集 5 000 组完备状态量数据并加入高斯白噪声则形成本文的仿真数据。

4.2 仿真结果分析

4.2.1 不同参数辨识方法的仿真结果比较

基于 4.1.3 节的 PMU 数据和 4.1.1 节的参数误差设置方案 1—3,本文对比了基于 2 种指标的辨识方法的效果,具体结果如表 1 所示,其中,指标 T 的方差系数设为 5×10^{-2} ,后同。由表 1 可得以下结论。

表 1 线路指标 D 和 T 的效果比较
Tab.1 Comparison of effect between line index D and T

参数误差设置方案	指标值		样本数	
	D	T	D	T
1	3.5×10^{-2}	4.43×10^{-4}	800	762
2	4.5×10^{-2}	3.90×10^{-3}	800	454
3	5.9×10^{-2}	1.55×10^{-1}	800	121

a. 对于不同的参数误差设置方案,指标 T 样本数不固定,由方差系数收敛判据自动确定。当采用方案 1 时,其需要 762 个样本,而采用方案 3 时,仅需 121 个样本。

b. 参数有误差情况下的指标 T 与无误差时的差别较大,特别是当只有对地电纳 B 有 10% 误差时(方案 3), T 值为 1.55×10^{-1} ,是无参数误差对应 T 值 4.43×10^{-4} 的 300 多倍,辨识效果良好;而无论参数是否有误差,指标 D 的数量级均为 10^{-2} ,难以辨识参数错误,这说明指标 D 采用的相对残差平方和的计算方法存在量测误差和参数误差混淆的问题,不能通过均值形式很好地消除量测误差的影响。

4.2.2 样本数对参数辨识效果的影响

基于 4.1.3 节的 PMU 数据和 4.1.1 节的参数误差设置方案 1—3,采用随机选取样本数的方法(简称随机法),分别以样本数 100 和 2 000 计算指标 T 值,结果如表 2 所示。

表 2 随机法对应的指标 T 值
Tab.2 Index T of random approach

参数误差设置方案	不同样本数对应的 T 值	
	样本数 100	样本数 2 000
1	4.80×10^{-3}	2.14×10^{-4}
2	5.70×10^{-3}	2.30×10^{-3}
3	1.65×10^{-1}	1.60×10^{-1}

由表 2 可以看出,当样本数为 100 时,方案 1 对应的 T 值为 4.80×10^{-3} ,方案 3 对应的 T 值为 1.65×10^{-1} ,有 2 个数量级的跃变,可有效辨识出对地电纳错误。但方案 2 对应的 T 值仅为 5.70×10^{-3} ,和无参数误差时的指标 T 十分接近,电抗参数错误辨识失败。而当选择较多样本数 2 000 时,其辨识效果同自动确定样本数的方法(简称自动法,结果见表 1)类似,并未对其有明显改善。

由此可得,当随机确定样本数时,样本数过少则可能导致辨识失败,而过多则并不能使其相对自动法有所改善,反而需要提取更多的量测数据,增加计算时间。所以以方差系数作为收敛判据,根据数据和参数误差的不同自动确定样本数是必要的。

4.2.3 不同参数误差对辨识效果的影响

对于不同设备,采用不同的参数误差设置方案,利用方差系数收敛判据自动确定样本数,计算得到基于 PMU 和 SCADA 的指标 T 如表 3—5 所示。

表 3 基于指标 T 的线路参数辨识方法的仿真结果Tab.3 Simulative results of line parameter identification based on index T

参数误差设置方案	T 值	
	PMU	SCADA
1	4.43×10^{-4}	1.75×10^{-4}
2	3.90×10^{-3}	2.19×10^{-2}
3	1.55×10^{-1}	1.81×10^{-1}

表 4 基于指标 T 的双绕组变压器参数辨识方法的仿真结果Tab.4 Simulative results of double-winding transformer parameter identification based on index T

参数误差设置方案	T 值	
	PMU	SCADA
1	4.31×10^{-4}	2.97×10^{-4}
2	1.27×10^{-2}	1.06×10^{-1}
7	5.81×10^{-2}	3.02×10^{-2}

表 5 基于指标 T 的三绕组变压器参数辨识方法的仿真结果Tab.5 Simulative results of three-winding transformer parameter identification based on index T

参数误差设置方案	T 值	
	PMU	SCADA
1	3.05×10^{-4}	1.47×10^{-5}
4	6.04×10^{-3}	4.76×10^{-3}
5	1.27×10^{-2}	6.12×10^{-3}
6	2.93×10^{-3}	3.22×10^{-3}
7	3.14×10^{-2}	2.42×10^{-2}

由表 3—5 可以看出,无论是基于 PMU 量测还是 SCADA 量测,当参数没有误差时,指标 T 是一个极小的值,数量级为 10^{-5} 或 10^{-4} ,而当参数存在错误时, T 有多个数量级的放大。如基于 SCADA 数据的三绕组变压器,当无参数误差时, T 为 1.47×10^{-5} ,当变比有 1.25% 错误时(方案 7), T 达到了 2.42×10^{-2} ,变为无参数误差时的将近 2000 倍。变化最小的情况出现在基于 PMU 数据的线路指标 T 计算中,当仅有电抗存在 10% 误差时(方案 2), T 值为 3.90×10^{-3} ,是无参数误差的 T 值 4.43×10^{-4} 的将近 10 倍,依然可以有效辨识参数错误。

由此可得,本文所提出的支路量测标幺值残差代数和均值辨识法对于不同设备的不同参数错误均能有效辨识出来。

另外,在仿真过程中发现,辨识效果的规律为:以电抗或电纳参数 10% 的误差、变比 1.25% 的误差为边界,当参数误差大于此边界时, T 在数值上会更大,变化更加显著。而当电抗或电纳参数的误差小于此边界时,辨识效果会随着参数误差的减小而变差,甚至不能辨识。由于变压器的最小档差为 1.25%,所以不存在变比误差小于 1.25% 的情况,故对于任何变压器变比错误都能很好地辨识出来。

5 结论

本文提出了基于单一设备多时段 PMU 或 SCADA 量测,以方差系数作为收敛判据的支路量测标幺值残差代数和均值参数辨识法。该方法具有以下特点:

a. 采用标幺值残差而不是相对残差,避免了指标 D 数值上的不稳定问题;

b. 采用残差代数和均值而不是平方和均值,可以有效消除随机量测误差的影响,实现错误参数的有效辨识;

c. 方差系数收敛条件的使用,使得该方法能够自动确定样本数,保证了均值计算的稳定性,提高了辨识方法的鲁棒性;

d. 相对指标 D 辨识方法,指标 T 辨识方法不仅具有更高的辨识精度,而且具有更广阔的适用范围。

参考文献:

- [1] 彭波,周良松,夏成军. EMS 考核监视管理系统的研究与实施[J]. 电网技术,2002,26(2):24-27.
PENG Bo,ZHOU Liangsong,XIA Chengjun. Development of computer supervisory control system of EMS[J]. Power System Technology,2002,26(2):24-27.
- [2] 于尔铿. 电力系统状态估计[M]. 北京:水利电力出版社,1985:2-3,105-106.
- [3] 胡学浩. 智能电网:未来电网的发展态势[J]. 电网技术,2009,33(14):1-5.
HU Xuehao. Smart grid:a development trend of future power grid[J]. Power System Technology,2009,33(14):1-5.
- [4] LIU W H E,WU F F,LUN S M. Estimation of parameter errors from measurement residuals in state estimation[J]. IEEE Trans on Power Systems,1992,7(1):81-89.
- [5] SLUTSKER I W,CLEMENTS K A. Real time recursive parameter estimation in energy management systems[J]. IEEE Trans on Power Systems,1996,11(3):1393-1399.
- [6] 何桦,柴京慧,卫志农,等. 基于量测残差的改进参数估计[J]. 电力系统自动化,2007,31(4):33-36.
HE Hua,CHAI Jinghui,WEI Zhinong,et al. Improved method of parameter estimation based on measurement residuals [J]. Automation of Electric Power Systems,2007,31(4):33-36.
- [7] 柴京慧,李书敏,何桦. 基于 PMU 及多时间断面的输电网参数估计[J]. 电力系统自动化,2009,33(11):49-52.
CHAI Jinghui,LI Shumin,HE Hua. Parameter estimation based on PMU and multi-cases of SCADA for electricity transmission network[J]. Automation of Electric Power Systems,2009,33(11):49-52.
- [8] LIU W,LIM S L. Parameter error identification and estimation in power system state estimation[J]. IEEE Trans on Power Systems,1995,10(1):200-209.
- [9] ZHU Jun,ABUR A. Identification of network parameter errors [J]. IEEE Transactions on Power Systems,2006,21(2):586-592.
- [10] 李大路,李蕊,孙元章,等. 计及广域测量信息的状态估计错误参数识别与修正[J]. 电力系统自动化,2008,32(14):11-15.

- LI Dalu, LI Rui, SUN Yuanzhang, et al. Recognizing and correcting the wrong parameters in state estimation considering the WAMS measurements[J]. Automation of Electric Power Systems, 2008, 32(14): 11-15.
- [11] 周苏荃, 徐艳, 张艳军. 电力网络支路参数估计新方法[J]. 电力系统及其自动化学报, 2009, 21(2): 11-14.
- ZHOU Suquan, XU Yan, ZHANG Yanjun. New approach to line parameter estimation of power grid[J]. Proceedings of the CSU-EPSA, 2009, 21(2): 11-14.
- [12] 曾兵, 吴文传, 张伯明. 基于 Karush-Kuhn-Tucker 最优条件的电网可疑参数辨识与估计[J]. 电网技术, 2010, 34(1): 56-61.
- ZENG Bing, WU Wenchuan, ZHANG Boming. A method to identify and estimate network parameter errors based on Karush-Kuhn-Tucker condition[J]. Power System Technology, 2010, 34(1): 56-61.
- [13] 颜伟, 宋林滔, 余娟, 等. 电网参数的分区辨识与权函数估计方法[J]. 电力系统自动化, 2011, 35(5): 25-29.
- YAN Wei, SONG Lintao, YU Juan, et al. A divisional identification and estimation method of network parameter errors based on weight function[J]. Automation of Electric Power Systems, 2011, 35(5): 25-29.
- [14] 陈晓刚, 易永辉, 江全元, 等. 基于 WAMS/SCADA 混合量测的电网参数辨识与估计[J]. 电力系统自动化, 2008, 32(5): 1-5.
- CHEN Xiaogang, YI Yonghui, JIANG Quanyuan, et al. Network parameter identification and estimation based on hybrid measurement for WAMS/SCADA[J]. Automation of Electric Power Systems, 2008, 32(5): 1-5.
- [15] 王茂海, 鲍捷, 张哲. 基于 PMU 实测数据的输电线路参数在线估计方法[J]. 电力系统自动化, 2010, 34(1): 25-27.
- WANG Maohai, BAO Jie, ZHANG Zhe. Online estimation of transmission line parameters based on PMU measurements[J]. Automation of Electric Power Systems, 2010, 34(1): 25-27.
- [16] 陈俊, 颜伟, 卢建刚, 等. 考虑多时段量测随机误差的变压器参数抗差估计方法[J]. 电力系统自动化, 2011, 35(2): 28-33.
- CHEN Jun, YAN Wei, LU Jiangang, et al. Robust estimation method of transformer parameters with consideration of multi-period measurement random errors[J]. Automation of Electric Power Systems, 2011, 35(2): 28-33.
- [17] 国家电力调度通信中心. 电力系统实时动态监测系统技术规范(试行)[EB/OL]. [2010-04-02]. <http://www.docin.com/p5566-4542.html>.

作者简介:

颜伟(1968-), 男, 四川成都人, 教授, 博士研究生导师, 主要从事电力系统优化运行与控制方面的研究工作(E-mail: cqyanwei@21cn.com);

赵雪骞(1984-), 男, 河北保定人, 硕士研究生, 主要从事电力系统状态估计及参数估计方面的研究工作;

陈俊(1987-), 女, 河南信阳人, 硕士研究生, 主要从事电力系统参数估计方面的研究工作。

Grid equipment parameter error identification based on mean algebraic sum of branch measurement normalized residuals

YAN Wei, ZHAO Xueqian, CHEN Jun, LI Shiming

(State Key Laboratory of Power Transmission Equipment & System Security and New Technology, Chongqing University, Chongqing 400030, China)

Abstract: According to the normal distribution of random measurement error, a method of parameter error identification is applied for grid equipment, which is based on the mean values of its PMU or SCADA measurements for multiple periods. Based on the equivalent circuit model of transmission line, double-winding transformer and three-winding transformer, and together with their PMU or SCADA measurements, a comprehensive normalized value residual index of single equipment for the same period is presented, which comprehensively reflects the influence of both measurement error and parameter error on the residuals. With the variance coefficient as the convergence condition, the absolute mean value of the algebraic sum of comprehensive residuals for multiple periods (index T) is obtained, which mainly reflects the influence of parameter error on the residuals. According to index T , the parameter error of the device is identified. The identification method based on the mean square sum of comprehensive residuals presented in the reference is analyzed and the advantages of the proposed method in the elimination of measurement error influence and the determination of sample size are introduced. Its effectiveness is verified by simulative analysis.

Key words: parameter identification; normalized value; residual; PMU; SCADA